

Praxiskauz 2

Arbeitshilfen zur Umwelterziehung
Schulbiologiezentrum des Landkreises Marburg-Biedenkopf



Wir untersuchen den Lebensraum Boden

Tiere in der Laub- und Nadelstreu

Titelbild: Laubstreu in einem Mischwald

© Schulbiologiezentrum des Landkreises Marburg-Biedenkopf,
Am Freibad 19, 35216 Biedenkopf, Tel.: 06461-951850, Telefax: 06461-951852
E-Mail: sbb@schubiz.marburg-biedenkopf.de
Homepage: www.schubiz.marburg-biedenkopf.de

3. korrigierte Auflage November 2001

Inhaltsverzeichnis

Impressum	2
Inhaltsverzeichnis	3
Lebensraum Boden	4
Aufbau eines Bodens	
- Verwitterung	5
- Bodenhorizonte	5
- Humus	7
Zersetzung eines Blattes	8
Methoden der Erfassung von Bodentieren	12
- Der Berlese-Trichter	13
- Haltung von Bodentieren	13
Tiere im Boden	14
- Zahlen und Größenklassen	15
- Ernährung und Lebensweise	16
Bestimmung von Tieren	17
Tiergruppen und ihre Beziehung zum Boden	
- Urtiere (Einzeller)	18
- Rädertierchen und Fadenwürmer	19
- Schnecken	20
- Enchyträen und Regenwürmer	21
- Spinnentiere	22
- Asseln	23
- Tausendfüßer	24
- Insekten, Springschwänze	25
- Käfer	26
- Hautflügler und Zweiflügler	27
- Grillen und Ohrwürmer	28
- Weitere Tiergruppen	28
Die Rolle der Bodentiere im Kreislauf der Stoffe	29
- Nahrungsbeziehungen im Boden	30
- Stoffkreislauf im Ökosystem Wald	31
Unterrichtseinheit "Lebensraum Boden"	32
Literatur	33
Anhang: Arbeitsblätter	
- Arbeitsblatt 1: Wir bauen einen Regenwurmkasten	
- Arbeitsblatt 2: Wir bauen eine Wurmbox	
- Arbeitsblatt 3: Wir erforschen die Streuschicht	
- Arbeitsblatt 4: Wir untersuchen die Tiere im Boden	
- Arbeitsblatt 5: Bestimmungshilfe für Tiere im Boden	

Lebensraum Boden

Der Boden ist ein unersetzlicher Rohstoff, der nicht beliebig erzeugt und verbraucht werden kann. Das Leben auf der Erde ist an den nur Spatenstich tiefen Mutterboden gebunden. In einer Handvoll humusreicher Erde befinden sich mehr Lebewesen als Menschen auf der Erde. Auf einem Hektar Boden erzeugen und erhalten durchschnittlich 5 Tonnen Bodenorganismen fruchtbaren krümeligen Humus. Ohne diese Zersetzer wäre das Leben auf der Erde längst an Nährstoffmangel eingegangen oder unter nicht verwesenden Abfällen erstickt. In einem perfekten Recyclingprozess sorgen sie dafür, dass sich das Leben in einem ständigen Kreislauf erneuert.

Im Ökosystem Wald kann man den Vorgang der Bodenbildung besonders gut beobachten. Im Waldboden sind Zersetzungsstufen, die die Blätter durchlaufen, am besten sichtbar. Bodentiere sind empfindliche Zeigerorganismen für Qualität und Ertragsfähigkeit des Bodens. Schadstoffe in der Umwelt machen sich auch bei Bodenlebewesen bemerkbar und können sich in Nahrungsketten anreichern.

Die Beschäftigung mit der Laubstreu führt in eine verborgene Welt, die im Unterricht noch zu wenig Beachtung findet. Trotz der beachtlichen Anzahl von Veröffentlichungen zum Ökosystem Boden kommt im regulären Biologieunterricht die praktische Arbeit zu kurz. Bekannt sind z. B. Ameisen, Regenwürmer und der Maulwurf, die Tätigkeit der übrigen Bodenorganismen wird häufig unterschätzt. Bei der Beschaffung und Bestimmung von Kleintieren im Boden treten häufig Schwierigkeiten auf.

Diese Arbeitshilfe will Interesse an der Vielfalt der Bodenorganismen wecken, Hilfe bei der Beschaffung und Bestimmung leisten und Anregungen für einen handlungsorientierten Unterricht geben. Die "originale Begegnung" mit einem Lebensraum soll erreicht werden, dem wir mehr Beachtung schenken sollten, als ihn nur "mit Füßen zu treten". Wer tiefer in die Welt der Bodentiere eindringen will, sei auf die reichhaltige Fachliteratur hingewiesen.



Aufbau eines Bodens

Verwitterung

Böden sind das Produkt physikalischer und chemischer Gesteinsverwitterung, wobei biologischen Prozessen, die zur Humusbildung führen, eine besondere Bedeutung zukommt.

Die physikalische Verwitterung bewirkt durch Temperatur- und Frostsprengung den Zerfall der Gesteine in verschiedene Teilchen. Nach dem prozentualen Anteil der drei Korngrößenklassen Ton, Schluff und Sand im Feinboden (< 2mm) werden verschiedene Bodenarten benannt, z. B. schluffiger Sand oder lehmiger Ton. Als „Lehm“ wird ein ausgewogenes Verhältnis aller drei Korngrößen bezeichnet.

Ein Haufen Sand, Kies oder Lehm ist noch kein Boden im engeren Sinn. Erst durch chemische Verwitterung, Zerfall, Umwandlung und Neubildung der Ausgangsminerale kommt es zur Bodenbildung. Sie beruht im wesentlichen auf der lösenden und chemischen Wirkung des Wassers.

Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen verstärken diese Vorgänge durch biologische Verwitterung. Pflanzenwurzeln dringen in Spalten ein und lockern durch ihr Dickenwachstum das Gesteinsgefüge. Grabende Bodentiere bewirken eine Durchmischung des Bodenmaterials. Säureausscheidungen von Pflanzen (z. B. Flechten) greifen die Gesteinsoberfläche an. Abbauprodukte abgestorbener Organismen setzen die Verwitterung fort.

Der Boden ist ein System aus mineralischen Bestandteilen, luft- und wassergefüllten Poren und Lebewesen. Je nach Ausgangsgestein, Klima, Tier- und Pflanzengemeinschaften sind Böden mit charakteristischen Merkmalen entstanden, die man in unterschiedliche Bodentypen einteilen kann.

Bodenhorizonte

Übereinanderliegende Schichten, die durch bodenbildende Prozesse entstanden sind, werden als Horizonte bezeichnet. Sie unterscheiden sich in der Farbe, in der Korngrößenzusammensetzung, im Gefüge und anderen Merkmalen. Auflage- und Mineralhorizonte ergeben im senkrechten Schnitt ein Bodenprofil. Jeder Bodentyp weist eine typische Abfolge auf, abhängig vom Ausgangsgestein und dem Verlauf der Bodenbildung.

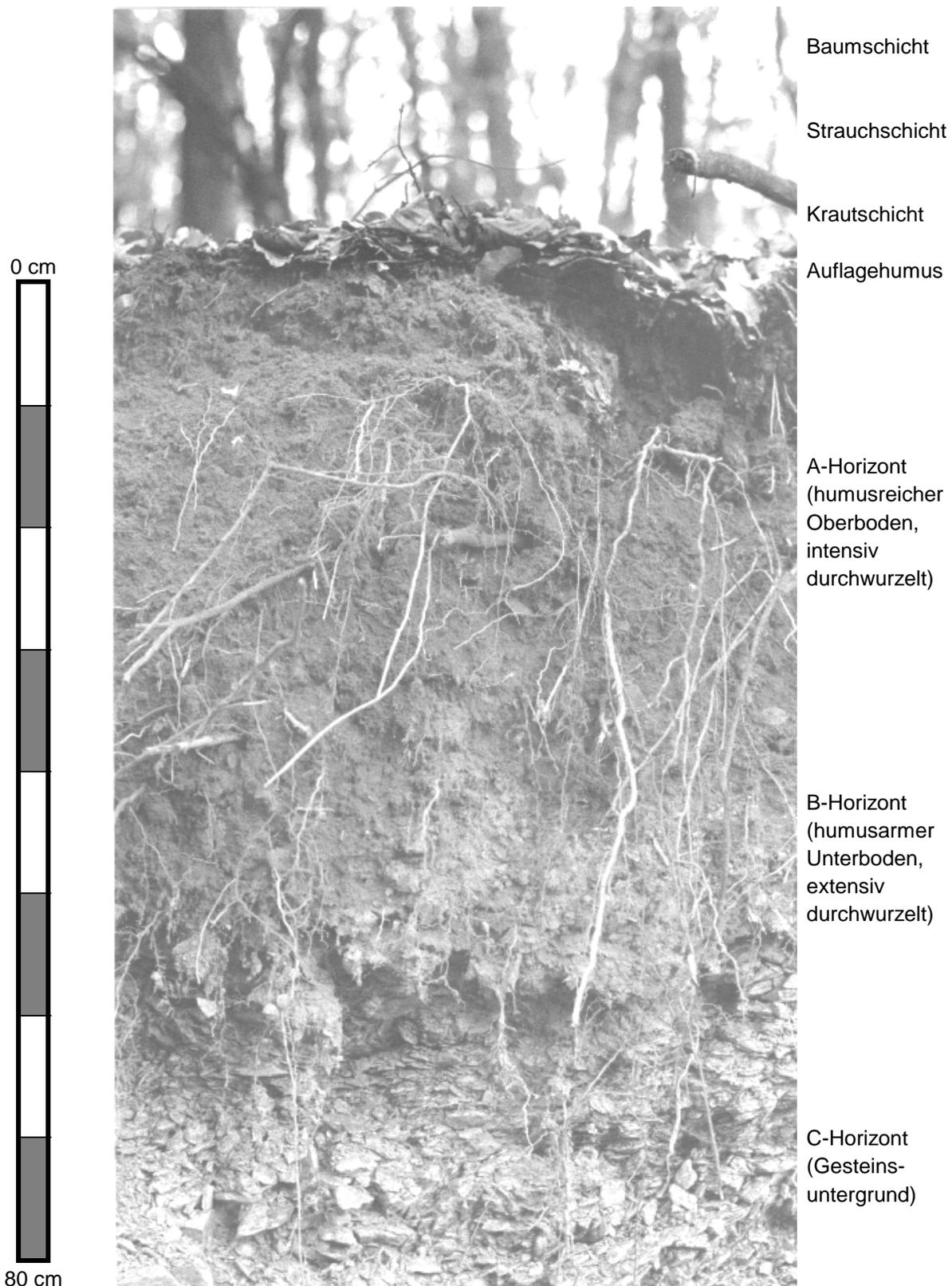
Der oberste Bereich des Mineralbodens wird als A-Horizont bezeichnet. Durch oxydierte Eisenverbindungen und Umsetzungsprodukte tierischer und pflanzlicher Abfälle entsteht ein dunkelbraun gefärbter humusreicher Oberboden (A_H). Im humusarmen Unterboden (B-Horizont), der durch Verwitterung oft verlehmt und durch Stoffverlagerungen aus dem Oberboden gekennzeichnet ist, herrschen hellbraune Farbtöne vor. Darunter liegt das Ausgangsmaterial der Bodenbildung, der C-Horizont, unterschiedlich stark verwittertes Gestein oder Hangschutt. Diese Schichtung lässt sich am besten am Waldboden erkennen.

Über dem Mineralboden liegt eine Streuschicht aus abgestorbenen Blättern, Nadeln, Zweigen, Rindenstücken, Blütenteilen, Früchten und Samen. Dazu kommen tierische Reste, die zusammen mit der Streu zu Humus werden, der auch neue bodeneigene organische Substanzen (Huminstoffe) enthält. Humus ist als organische Auflage (O-Horizont) oder als Mineralbodenhumus (A_H) anzutreffen.

Je nach Zersetzungsgrad unterscheidet man:

- Eine **Streuschicht** (L), eine lockere Decke aus äußerlich nur wenig veränderten Pflanzenabfällen;
- eine **Vermoderungs-** oder **Fermentationsschicht** (O_F), mit bereits stärker zersetzten Blättern, Nadeln und Losungsballen von Bodentieren, häufig durchzogen von Pilzfäden;
- eine **Humusstoffschicht** (O_H) aus überwiegend schwärzlich gefärbter Feinsubstanz, wo ursprüngliche Strukturen kaum noch erkennbar sind. Durch die Tätigkeit der Bodentiere bilden sich feine Krümel aus Kot- und Mineralteilchen. An der unteren Grenze findet eine Durchmischung mit dem Mineralboden statt. Diese Auflagehorizonte sind am deutlichsten in Laub- und Nadelwäldern mit schwer zersetzbarer Streu, z.B. Buche, Eiche, Fichte oder Lärche zu erkennen.

Profil eines Waldbodens (Lockerbraunerde)

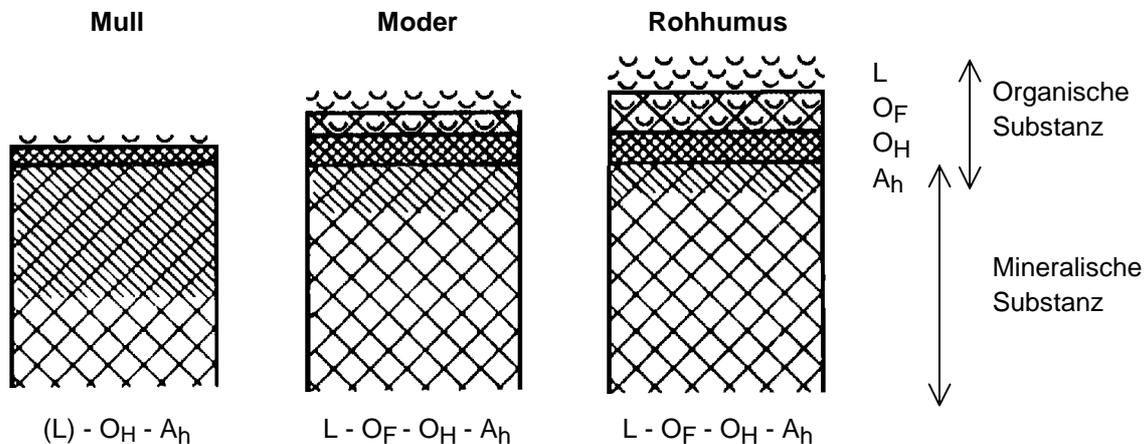


Humus

Folgende Humusformen lassen sich unterscheiden:

- **Rohhumus** bildet sich auf sauren und nährstoffarmen Böden, z. B. in Fichtenforsten und zeigt alle drei Humuslagen mit scharfen Übergängen. Die Streuzersetzung erfolgt sehr langsam, die biologische Aktivität ist sehr gering. Da bodenwühlende Tiere fehlen, ist der humose Mineralboden nur schwach ausgeprägt.
- **Mull** ist die Humusform krautreicher Laubwälder auf nährstoffreichen Böden. Hier fehlt die Humusaufgabe fast ganz, der Oberboden (A_h) ist allerdings mächtig entwickelt. Die Streuzersetzung findet innerhalb eines Jahres statt. Bodenwühlende und erdfressende Tiere, besonders die Regenwürmer sorgen für eine gute Durchmischung.
- **Moder** bildet eine Übergangsform, häufig in Buchenwäldern auf sauren Böden zu finden. Hier sind alle Auflagehorizonte vorhanden, jedoch mit unscharfen Übergängen. Darunter folgt ein deutlich ausgeprägter humoser Mineralboden.

In nassen Böden wird die Streuzersetzung durch Sauerstoffmangel gehemmt. Es kommt zur Anreicherung von organischen Substanzen, die als Anmoor bzw. **Torf** bezeichnet werden.



Humusformen im Wald (nach SCHROEDER 1969)

Bodenprofile lassen sich mit verschiedenen Methoden konservieren. Man kann Bodenhorizonte durch Fotos und Zeichnungen dokumentieren oder einzelne Schichten in Gläsern aufbewahren. Ein Lackabzug wird mit Hilfe von Mullbinden und Klarsichtlack am natürlichen Bodenaufschluss angefertigt.

Am einfachsten ist das Schmierprofil. Hier wird der Feinboden mit Wasser zu einem Brei verrührt und dann möglichst maßstabsgerecht auf Zeichenkarton aufgeschmiert. Nach dem Trocknen werden Streu- und Humusschichten aufgeklebt.



Zersetzung eines Blattes

Jährlich fallen mehrere Tonnen Streu pro Hektar auf den Waldboden. Im Solling wurde in einem Buchenwald eine Blattmenge von etwa 3 t/ha (Trockengewicht) ermittelt (ELLENBERG 1986). Dazu kommen noch etwa 10% Knospenschuppen und Blüten und je nach Jahr unterschiedliche Mengen an Bucheckern, Zweigen und Ästen, insgesamt rund 4 t/ha.

In einem Buchenwald im neuen Botanischen Garten der Universität Marburg wurden folgende Werte (in g/m²) ermittelt (JAGER 1989):

Jahr	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Blätter	860	811	817	951	884	1058	938	958
Kapseln + Bucheckern		40	13	0	7	120	67	20

Eine 100jährige Buche wirft im Herbst eine halbe Million Blätter ab, es sammelt sich eine Laubschicht von 5 - 10 cm an. Trotzdem ersticken die Pflanzen nicht in ihrem eigenen Abfall.

Die Streuschicht verändert sich im Laufe der Jahre entsprechend den Standortbedingungen und der chemischen Zusammensetzung der Blätter. Besonders wichtig ist das **Kohlenstoff/Stickstoff (C/N) - Verhältnis** der frischen Blätter. Ist das C/N - Verhältnis hoch, enthalten die Blätter viel Kohlenstoff und wenig Stickstoff. Blätter mit einem relativ niedrigen Wert (15 - 30) wirken als Stickstoffdünger. Die Streu der verschiedenen Baum- und Straucharten wird unterschiedlich schnell zersetzt. Das Laub von Holunder und Haselstrauch mit einem günstigen C/N - Verhältnis wird von den Bodenorganismen bevorzugt verarbeitet. Die Blätter von Erle, Esche und Ulme sind bereits im folgenden Sommer zersetzt, Hainbuchenblätter nach 1 1/2 Jahren, das härtere Eichenlaub erst nach 2 1/2 Jahren. Bis zum völligen Abbau von Buchenblättern vergehen meist 3 Jahre, unter ungünstigen Umständen sogar mehr als 5 Jahre.

Die Streu der Nadelbäume ist gerbsäurereich und relativ stickstoffarm. Die Nadeln von Fichte und Kiefer sind nach 3 Jahren abgebaut, am längsten dauert es bei den Nadeln der Lärche, meist über 5 Jahre. Unter günstigen Standortbedingungen (Mullhumus) vergehen etwa 2 Jahre, bis die Streu in Humus umgewandelt ist, bei der Humusform Moder 4 - 6 Jahre, bei trockenem Rohhumus sogar mehrere Jahrzehnte.

C/N-Verhältnis und pH-Wert der frischen Streu verschiedener Baumarten (nach ELLENBERG 1978)

Baumart	Zersetzungsdauer	C/N	pH
Robinie	1 Jahr	14:1	5,4
Erle	1 Jahr	15:1	4,6
Esche	1 Jahr	21:1	6,4
Ulme	1 Jahr	28:1	6,5
Traubenkirsche	1 1/2 Jahre	22:1	-
Hainbuche	1 1/2 Jahre	23:1	-
Linde	2 Jahre	37:1	5,4
Bergahorn	2 Jahre	52:1	4,5
Eiche	2 1/2 Jahre	47:1	4,7
Birke	2 1/2 Jahre	50:1	5,5
Zitterpappel	2 1/2 Jahre	63:1	5,7
Buche	3 Jahre	51:1	4,3
Fichte	3 Jahre	48:1	4,1
Kiefer	> 3 Jahre	66:1	4,2
Douglasie	> 3 Jahre	77:1	-
Lärche	> 5 Jahre	113:1	4,2

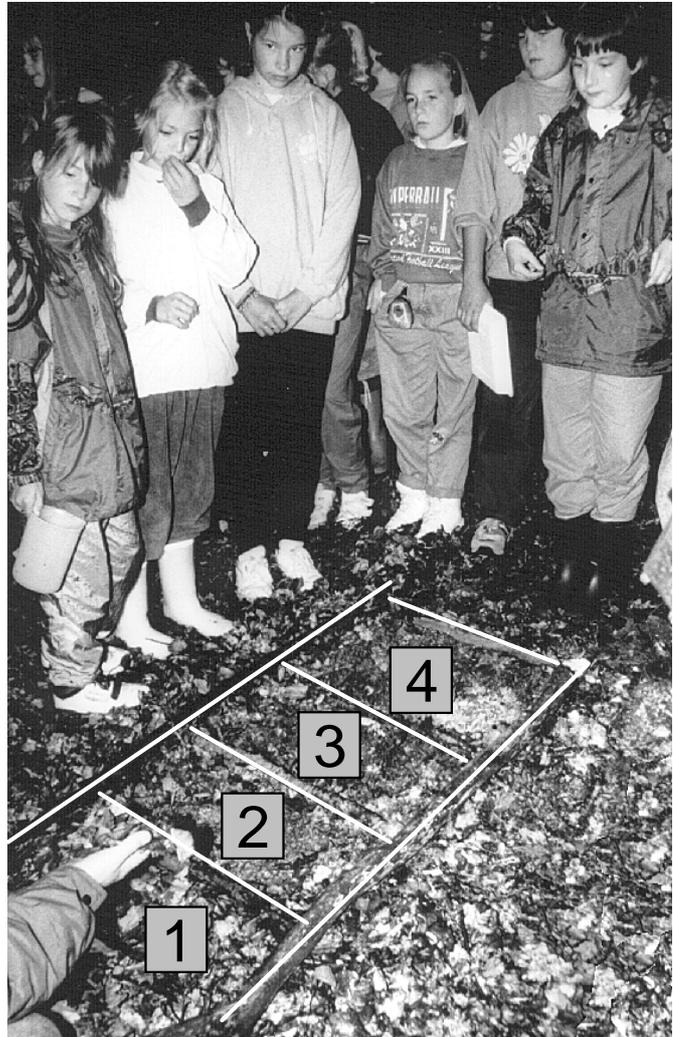
Um einen Einblick in die Laubstreuersetzung zu erhalten, muss man nicht das Ende des Abbaues abwarten. Sämtliche Abbaustufen liegen in einem Waldboden übereinander vor. Oben finden sich noch weitgehend unbeschädigte Blätter, etwas tiefer zeigen sie Fraßspuren und Löcher, und schließlich bleibt nur noch ein Blattgerippe übrig. Am besten eignet sich ein Buchenwald, wo mehrere Schichten aus unvollständig zersetzten Blättern vorliegen. Die Vielfalt der Humusbildungen ist je nach Standortbedingungen unter Buche größer als unter anderen Laubbäumen. Entsprechend vielfältig sind die im Laub sichtbaren Tierspuren.

Mit Hilfe einer "**Laubstreuleiter**" (nach KUHN 1989) lassen sich die unterschiedlichen Zersetzungsgrade verfolgen.

Möglichst gerade Äste von 2 - 3 m, bzw. 50 - 60 cm Länge werden wie eine Leiter auf einen unbewachsenen ebenen Waldboden gelegt, so dass mindestens 4 Felder entstehen.

- Das 1. Feld bleibt unbearbeitet.
- Im 2. Feld werden alle lockeren Blätter vom letzten Laubfall aufgelesen und in einem Behälter aufbewahrt.
- Im 3. Feld wird ebenso die oberflächliche Laubstreu abgetragen. Zusätzlich werden dann die darunter liegenden Blätter des Vorjahres mit einheitlichem Zersetzungsgrad aufgelesen und getrennt aufgehoben.
- In den weiteren Feldern wird entsprechend verfahren, bis der Mineralboden erreicht ist.

Dadurch ist es möglich, getrennte Proben zu entnehmen, die Humusform zu bestimmen und die einzelnen Schichten auf Bodentiere zu untersuchen (siehe Arbeitsblatt). Die getrockneten Blätter können später in Form einer Abbaufolge vom frischen zum zersetzten Blatt geordnet und aufgeklebt werden.



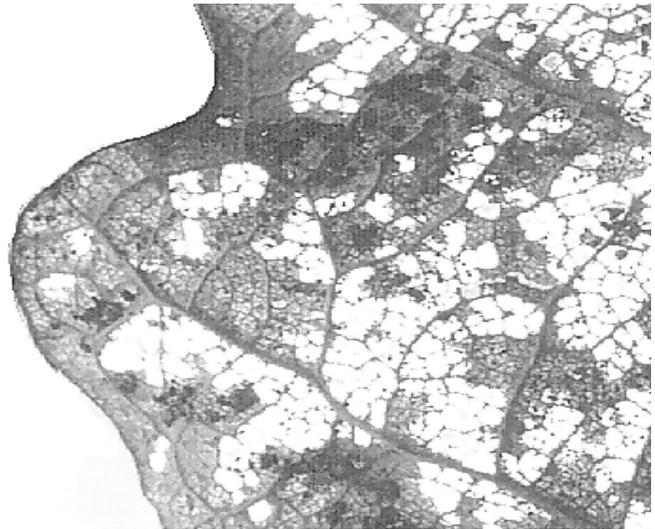
Laubstreuleiter mit 4 Feldern

An einem Buchenblatt lässt sich eine typische Zersetzungsreihe aufstellen. Bodentiere hinterlassen durch ihre Fresstätigkeit charakteristische Fraßbilder, so dass Rückschlüsse auf die beteiligten Organismen möglich sind.

Das im Herbst abfallende Laub weist zunächst nur geringe Veränderungen auf und ist nur wenigen Bodentieren zugänglich. Erfolgt der Laubfall bei feuchter Witterung, werden die Blätter mit einem dünnen Wasserfilm überzogen, in dem Mikroorganismen leben können, die aber nur wenig widerstandsfähiges Gewebe direkt zersetzen. Die Tätigkeit der Bodentiere wird häufig unterschätzt. Sie sind wichtige Erst- und Folgezersetzer und bereiten durch die mechanische Zerkleinerung der Streu, Abgabe von Kotkrümeln und Durchmischung des Bodens den Weg für den endgültigen Abbau durch Pilze und Mikroorganismen.

Die einzelnen Abbauschritte erfolgen nicht linear nacheinander, sondern über mehrere Stufen in einem sehr komplexen Prozess.

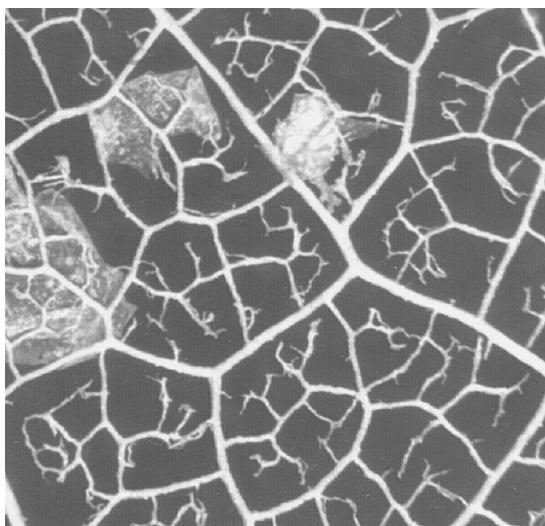
Weiche Blätter, z. B. Holunder werden meist im ganzen gefressen. Die ersten Fraßspuren an harten, aber feuchten Blättern lassen sich als kleine Fenster in der unteren Epidermis erkennen. Für diesen Fensterfraß sind größere Springschwänze, Rindenläuse und Hornmilben verantwortlich. Die Hornmilben schneiden die untere Blattepidermis entlang der Blattadern auf und fressen das weiche Gewebe heraus. Hinzukommende Zweiflüglerlarven vergrößern diese Öffnungen, der Blattrand wird befallen (Lochfraß). Schnecken, Asseln, Doppelfüßer, größere Zweiflüglerlarven (Schnaken), Ohrwürmer und die größeren Hornmilben lassen nur die harten Leitbündel (Blattadern) zurück. (Skelettfraß).



Fensterfraß an einem Eichenblatt (Unterseite)



Skelettiertes Pappelblatt



Ausschnittvergrößerung

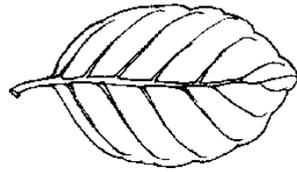
Gut skelettierte Blätter findet man vor allem bei mittelharten Blättern, z. B. von Ulme, Hainbuche, Ahorn und vor allem Pappeln. Besonders Asseln fressen größere Flächen, so dass ein feinverzweigtes Adernetz zurückbleibt. Zerkleinerte und mikrobiell aufgeschlossene Blattreste werden durch Enchyträen, Springschwänze und Milben aufgenommen. Hier lässt sich nicht mehr genau zwischen der Aufnahme der toten Blattsubstanz und dem gleichzeitigen Fraß der daran arbeitenden Mikroorganismen trennen.

Bei der Zersetzung der Nadelstreu spielen Hornmilben eine große Rolle. Fichten- und Kiefernadeln zeigen oft kleine schwarze Punkte. Es handelt sich um Ein- und Ausstiegslöcher. Die Tiere fressen die weiche Teile im Innern und beimpfen dabei die schwer zersetzbaren verholzten Gewebeschichten mit Mikropilzen. Regenwürmer als bodenbiologische bedeutsamste Tiere ziehen zerkleinerte Blätter in ihre Wohnröhre und fressen sie zusammen mit dem Kot der Abfallfresser und Mineralpartikeln des Bodens. Im Darm entstehen daraus fruchtbare Ton-Humus-Komplexe.

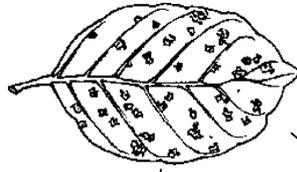
Auf diese Weise durchwandert das gleiche immer mehr zerkleinerte Material den Darmtrakt von immer kleiner werdenden Tieren, die gleichzeitig für Durchmischung, Auflockerung und Durchlüftung des Bodens sorgen. Die Bodentiere beschleunigen den Abbau der Streu in feuchten Jahren um das 6fache, in trockenen Jahren um das 3fache.

Die Streuzersetzung erreicht im Herbst einen Höhepunkt, wenn die Erstzersetzer das neu anfallende Material angreifen. Folgezersetzer übernehmen die weitere Verarbeitung der aufbereiteten Streurückstände. Erst anhaltende Fröste unterbrechen die Tätigkeit der Organismen. Im folgenden Jahr ist ihre Aktivität in den Frühjahrsmonaten am stärksten.

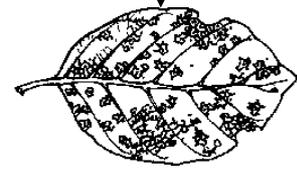
Laubfall
unversehrtes Blatt



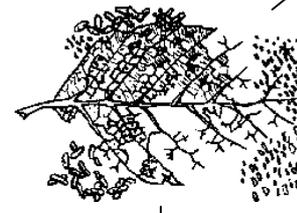
Fensterfraß
an der Blattunterseite durch Springschwänze, Rindenläuse, Hornmilben. Beginn der Besiedlung durch Mikroorganismen



Lochfraß,
verstärkter Fensterfraß und Randbefall durch hinzukommende Zweiflüglerlarven



Skelettfraß
und weitere Zerkleinerung durch größere Zweiflüglerlarven, Ohrwürmer, Hornmilben, Asseln, Schnecken, Doppelfüßer



Fraß
an zerkleinerten und mikrobiell aufgeschlossenen Blattresten durch Enchyträen, Springschwänze, Milben



Feinhumus

Laubstreuzersetzung in einem Buchenwald

(vereinfacht nach SCHALLER 1962, ZACHARIAE 1965, BRUCKER/KALUSCHE 1990)



Einziehen von Blattstücken
in den Boden durch große Regenwürmer

Aufnahme der verwesenden Masse,
Vermischung mit Mineralteilchen und Bildung von Ton-Humus-Komplexen durch Regenwürmer und Enchyträen

Methoden zur Erfassung von Bodentieren

Im Vordergrund der Erfassung von Bodentieren sollte immer die direkte Beobachtung am natürlichen Standort, den Streu- und oberen Bodenhorizonten stehen. Zur ersten Sichtung im Gelände genügt ein weißes Tuch oder eine weiße Plastikschale, auf die ein Sieb oder Gitter gelegt wird. Die Laubstreu bleibt oben liegen, und die Tiere fallen in die Schale.

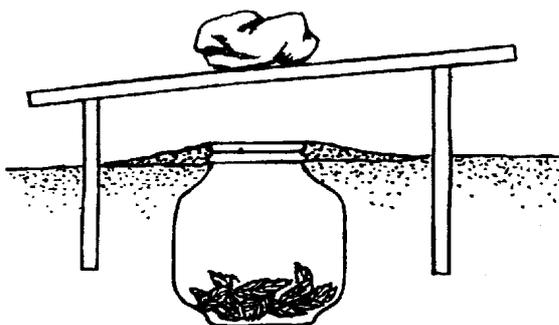


Aussieben von Bodentieren

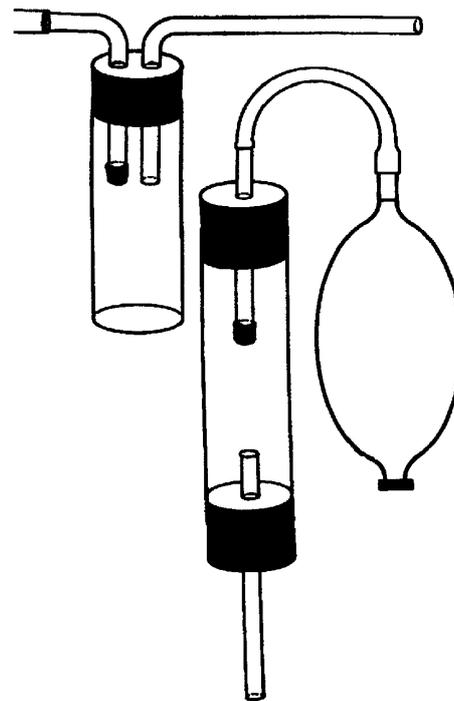
Große Arten, wie die meisten Käfer, Spinnen, Vielfüßer und Asseln können leicht mit der Hand oder mit einer Federstahlpinzette ergriffen werden. Für kleine Tiere ist ein angefeuchteter Pinsel zu empfehlen. Zum Absuchen der Bodenoberfläche eignet sich auch ein Mundsaugergerät (Exhaustor), das man leicht selbst herstellen kann. Ein Rohr aus Glas oder durchsichtigem Kunststoff wird an beiden Seiten mit durchbohrten Stopfen verschlossen, in die Röhrchen gesteckt werden. Über einen beweglichen Gummischlauch können kleine Tiere

mit dem Mund oder mit einer Gummiball-Pumpe in das Fangglas gesaugt werden. Das Ansaugröhrchen wird innen mit feiner Gaze überzogen, um ein Einsaugen der Kleintiere in den Mund zu verhindern. Gut geeignet sind auch Fanggläser mit Gummistopfen.

Bodenfallen am natürlichen Standort (Barber-Fallen) eignen sich zur Erfassung oberirdisch lebender, meist nachtaktiver Tiere. Ein Glas mit verengtem Rand wird so in den Boden eingegraben, dass der Rand die Bodenoberfläche leicht überragt. Um das seitliche Eindringen von Regenwasser zu verhindern, formt man einen kleinen Erdwall um den Rand. Ein Dach aus Plexiglas oder Blech schützt vor direktem Niederschlag. In das Fangglas gibt man Falllaub und angefeuchtetes Filterpapier. Die Fallen müssen täglich kontrolliert werden. Die gefangenen Tiere werden nach der Untersuchung wieder zurückgebracht.



Bodenfalle



Mundsaugergerät (Exhaustor)

Der Berlese-Trichter

Will man eine möglichst große Zahl von Bodenorganismen erfassen und bestimmen, ist ein Ausleseapparat notwendig. Am wirkungsvollsten ist die Berlese-Tullgren-Apparatur (Berlese-Trichter). Ein Sieb (Maschenweite 2 - 3 mm) mit einer Streuprobe wird in einen Trichter (Durchmesser ca. 20 cm) gelegt und von oben mit einer Glühlampe (40 - 60 Watt) in einem Abstand von etwa 30 cm beleuchtet. Bodentiere meiden Licht, Wärme und Trockenheit, kriechen nach unten und fallen in ein abgedunkeltes, mit feuchtem Filterpapier ausgelegtes Sammelgefäß. So kann man die Tiere lebend beobachten. Wichtig ist, rechtzeitig die räuberischen Tiere herauszulesen und getrennt zu halten, damit sie nicht den übrigen Fang auffressen. Die Ausbeute ist oft höher, wenn man die Bodenproben langsam austrocknen lässt, z. B. bei normalem Tageslicht auf der Fensterbank. Das Bodenmaterial sollte möglichst in ungestörter Lagerung eingebracht werden, nicht höher als 3 cm, um ein vorzeitiges Vertrocknen der Bodentiere in der Probe zu vermeiden.

Einfache Ausleseapparate lassen sich selbst aus Haushalts-trichtern, Küchensieben und Pappkartons herstellen. Trichter aus Karton haben den Vorteil, dass Kondenswasser zwischen Sieb und Trichter unterdrückt wird.

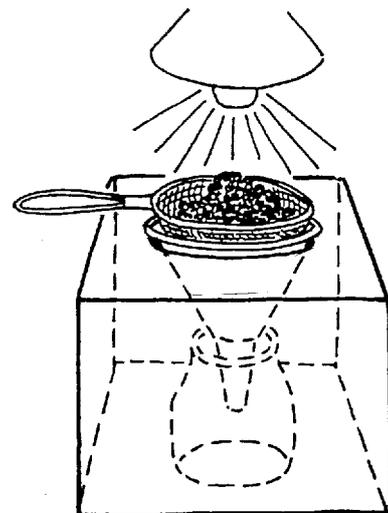
Die wahre Artenzahl aller Bodentiere lässt sich nicht exakt bestimmen. Mit dem Berlese-Trichter erfasst man nur die robusteren Tiere. Kleine und wenig bewegliche Arten, z. B. Fadenwürmer vertrocknen in der Bodenprobe. Manche Tiere rollen sich ein und werden inaktiv, Ruhestadien (z. B. Puppen) werden ebenfalls nicht erfasst. Man kann davon ausgehen, dass die Mehrzahl der Tiere nach zwei bis drei Tagen die Bodenprobe verlassen hat. Eine längere Extraktion als etwa 10 Tage bringt kaum nennenswerte weitere Ergebnisse.

Bärtierchen und Fadenwürmer können mit Wasser aus dem Substrat gelockt werden. Ein Sieb mit der Bodenprobe berührt eine mit Wasser gefüllte Petrischale. Unter dem Sieb sammeln sich kleine Bodentiere. Einzeller können unter dem Mikroskop untersucht werden, indem man eine kleine Bodenprobe mit Wasser aufschwemmt. Neben dieser aktiven Extraktion von Bodentieren gibt es Verfahren, die das im Vergleich zu Bodenteilchen geringere spezifische Gewicht der Bodentiere nutzen. Mineralische Bestandteile sinken in einer Aufschwemmung zu Boden, Tiere können abgeschöpft oder über eine Siebkaskade abgetrennt werden.

Für exakte Bestimmungen ist eine Konservierung mit Alkohol (70 %), ein Alkohol-Glyzerin-Gemisch (5 ml Glyzerin auf 100 ml Alkohol) oder Formalin (5%ig) notwendig. Es hat sich bewährt, dem Alkohol eine Spur Spülmittel zuzusetzen.

Haltung von Bodentieren

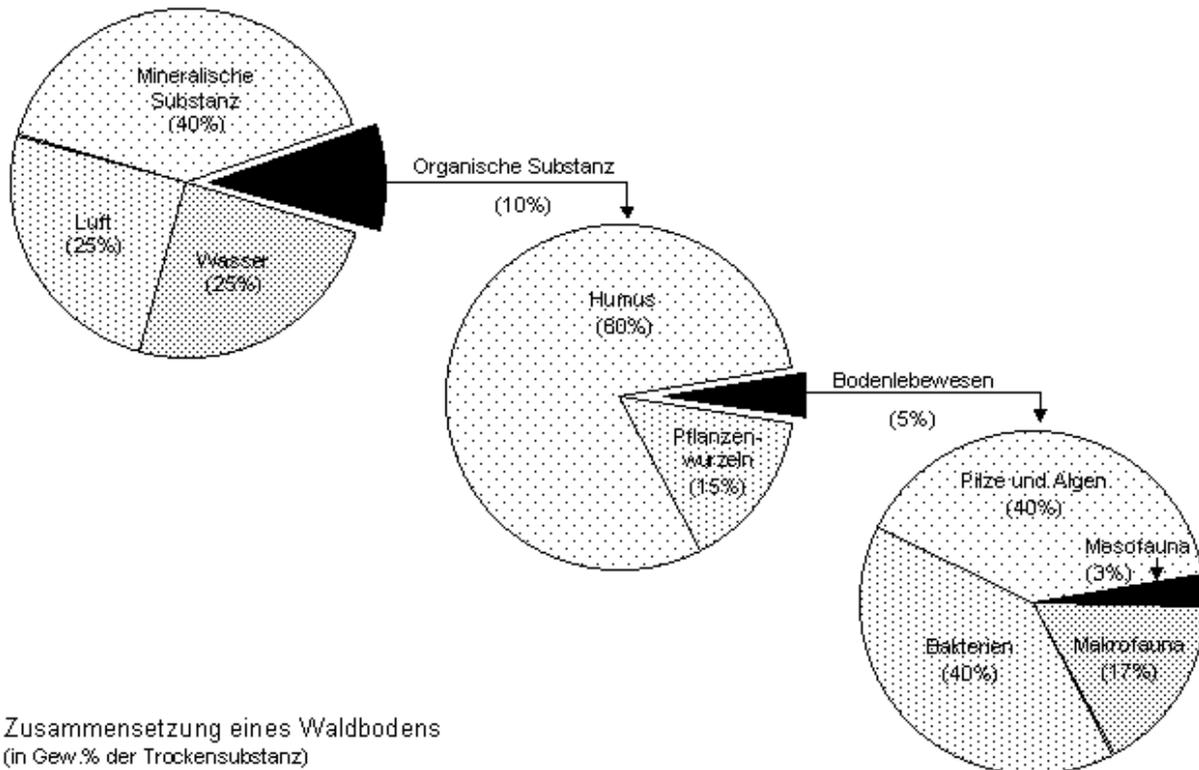
Sollen Bodentiere längere Zeit zu Beobachtungszwecken gehalten werden, muss man die natürlichen Bodenbedingungen gut nachahmen. Kondenswasserbildung ist ebenso schädlich wie Trockenheit. Eine konstant hohe Luftfeuchtigkeit erreicht man in Beobachtungskammern aus Gips oder unglasiertem Ton, die mit einer Glasplatte verschlossen werden. Hohe Petrischalen oder Klarsichtdosen mit einer 2 cm hohen Gipsschicht, deren Oberfläche man kurz vor dem Abbinden mit Furchen unterschiedlicher Breite und Tiefe versieht, eignen sich ebenso für kleine Bodentiere. Der Gipsblock kann bei Bedarf befeuchtet werden und sorgt für gleichmäßige Feuchtigkeitsverteilung. Pflanzenfresser werden mit Laubstreu versorgt, die feucht gehalten werden muss. Springschwänze von Blumentöpfen können mit Haferflocken weiter gehalten werden. Räuberische Bodentiere (Erdläufer, Steinkriecher, Laufkäfer) erhalten kleine Regenwürmer, weiche Insektenlarven oder kleine Mehlwürmer. Allen Tieren sollte man Substrat aus der natürlichen Umgebung anbieten. Treten Schimmelpilze auf, ist die Kultur umzusetzen.



Einfacher Berlese-Trichter

Tiere im Boden

Der Anteil an organischer Substanz liegt in einem Waldboden bei etwa 10 % (Trockengewicht). Davon entfallen 80 % auf Humus (abgestorbene Substanzen pflanzlicher und tierischer Herkunft), 15 % auf lebende Pflanzenwurzeln und 5 % auf Bodenlebewesen, die man auch zusammenfassend als Edaphon bezeichnet. Innerhalb des Edaphons überwiegen Bakterien und Strahlenpilze, die eigentliche Bodenfauna ist mit 20 % vertreten. Im Vergleich zu den Säugetieren beträgt das Gewicht der Kleintiere in einem Wald ein Vielfaches.



Ein Boden ist durch ein Mosaik von Kleinstlebensräumen von sehr unterschiedlichen Umweltbedingungen auf wenigen Zentimetern gekennzeichnet. Zu den "echten" Bodentieren können nur solche gezählt werden, die organisches Material direkt verwerten oder als Räuber indirekt den Bodenzustand verändern, indem sie andere Bodenorganismen fressen. Zu unterscheiden sind Organismen der tieferen Bodenschichten von denen des Oberbodens und der Streu. Daneben gibt es bodengebundene, in die oberste Boden- und Streuschicht eindringende Organismen der Bodenoberfläche. Außerhalb des Bodens lebende Tiere können hier nicht berücksichtigt werden.

Es gibt viele Möglichkeiten, die Bodentiere zu ordnen, z. B., nach taxonomischen Gruppen, Größenklassen, Ernährungs- und Lebensformtypen.

Die Bodenlebewelt, das Edaphon setzt sich aus **Bodenflora** und **Bodenfauna** zusammen. Bakterien, Strahlenpilze, Pilze, Grün- Blau- und Kieselalgen rechnet man zur Bodenflora. Innerhalb der Bodenfauna dominieren die Einzeller. Von den Mehrzellern haben Rädertiere und Bärtierchen nur geringe Bedeutung, während Fadenwürmer in großer Zahl auftreten. Zu den Borstenwürmern gehören Enchyträen und die bodenbiologisch bedeutenden Regenwürmer. Schnecken beeinflussen ebenfalls die Bodenbildung. Innerhalb des großen Tierstammes der Gliederfüßer finden sich viele wichtige Streuzersetzer, von den Krebstieren die Asseln, von den Spinnentieren die Milben, von den Vielfüßern vor allem die Doppelfüßer und schließlich viele Insekten als erwachsene Tiere oder Larven. Einige Wirbeltiere, wie z. B. Maulwürfe und Nagetiere leben im Boden.



Zahlen und Größenklassen

In einem feuchten Waldboden lassen sich pro Quadratmeter durchschnittlich 2 Millionen Tiere mit einem Gewicht von etwa 4,5 kg feststellen.

Die folgende Tabelle verdeutlicht, welche Tiergruppen (ohne Mikroorganismen und Einzeller) in einem mitteleuropäischen Waldboden eine wesentliche Rolle spielen (aus BRUCKER 1988):

Tiergruppe	Individuen pro m ²	
	Minimum	Maximum
Fadenwürmer	1 800 000	120 000 000
Milben	15 000	120 000
Springschwänze	10 000	35 000
Enchyträen	500	15 000
Schnecken	200	8 000
Regenwürmer	100	1 800
Tausendfüßer	1 000	1 700
Fliegen- und Mückenlarven	600	1 000
Käfer und Käferlarven	500	1 000
Kleine Spinnen	500	800
Asseln	300	700

Aus praktischen Gründen lassen sich die zahlreichen Arten der Bodenfauna in Größenklassen einteilen:

- **Mikrofauna** (< 0,2 mm) Einzeller (Wurzelfüßer, Geißeltierchen, Wimpertierchen)
- **Mesofauna** (0,2 - 2 mm) Rädertierchen, Bärtierchen, Fadenwürmer, Springschwänze, Pseudoskorpione
- **Makrofauna** (2 - 20 mm) Enchyträen, Schnecken, Spinnen, Asseln, Tausendfüßer, Käfer (-larven), Zweiflüglerlarven, Ohrwürmer
- **Megafauna** (> 20 mm) Wirbeltiere, Regenwürmer

Ernährung und Lebensweise

Abgestorbene pflanzliche und tierische Stoffe bilden die Ernährungsgrundlage für die Bodentierwelt. Erstzersetzer, wie z. B. Asseln, Doppelfüßer und Schnecken greifen die Streu direkt an, Folgezersetzer, wie z. B. die Mehrzahl der Springschwänze und Milben werden erst in späteren Zersetzungsstufen aktiv. Regenwürmer nehmen sowohl weiche Blätter als auch Kotballen und mineralische Substanzen in ihren Darm auf.

Räuber können sich auf der Grundlage der Abfallfresser entwickeln. Sie zeigen an, dass ein weites Beutespektrum und somit ein reiches Bodenleben vorhanden ist. Räuberisch leben vor allem Spinnentiere und Tausendfüßer (Bodenspinnen, Pseudoskorpione, Raubmilben bzw. Erdläufer, Steinkriecher).

- **Pflanzenfresser** (Phytophagen) ernähren sich von grünen Pflanzen über dem Boden (z. B. Schmetterlingsraupen), von lebenden Wurzeln (z. B. Schnakenlarven, Käferlarven) oder von höheren Pilzen (z. B. Fliegenlarven, Schnecken).
- **Fleischfresser** (Zoophagen) leben räuberisch an der Bodenoberfläche (z. B. Käfer, Spinnen, Hundertfüßer) oder im Bodeninneren (z. B. Käferlarven, Zweiflüglerlarven).
- **Schmarotzer** (Parasiten, z. B. Schlupfwespen) leben auf oder in einem Wirt.
- **Mikroorganismenfresser** (Mikrophagen) ernähren sich von Pilzmycelien, Algen, Bakterien und Einzellern, die abgestorbenes Substrat besiedeln.
- **Reste- oder Abfallfresser** (Saprophagen) ernähren sich von abgestorbenen Pflanzen- und Tierresten und Humusteilchen (z. B. Regenwürmer, Asseln, Tausendfüßer, Zweiflüglerlarven)
- **Kotfresser** (Koprophagen) leben auf dem Kot anderer Tiere (z. B. Käfer, einige Zweiflüglerlarven)
- **Aasfresser** (Nekrophagen) besiedeln Tierleichen (z. B. Käfer, Totengräber, Fliegenmaden)
- **Allesfresser** (Polyphagen) sind nicht spezialisierte Vertreter der Makrofauna, die je nach Angebot unterschiedliche Nahrung verwerten.

Trotz der Vielfalt an Tiergruppen kann man im wesentlichen vier **Lebensformtypen** unterscheiden: Bodenwühler, Bodenkriecher, Bodenschwimmer und Bodenhafter.

- **Wühlende, grabende und erdfressende Tiere**, z. B. Maulwurf, Wühlmaus, Regenwurm, Mist- und Aaskäfer, Insektenlarven, beeinflussen vor allem die physikalischen Eigenschaften des Bodens. Sie lockern und vermischen den Boden und verbessern die Durchlüftung.
- **Bodenkriecher** schieben sich durch Hohlräume. Diesen Typ findet man bei vielen Gruppen, z. B. bei Einzellern, Fadenwürmern, Regenwürmern Tausendfüßern, Asseln, Milben, Springschwänzen und Insektenlarven. Zu den Bodenschwimmern gehören Einzeller, die sich mit Geißeln oder Wimpern im Bodenwasser bewegen.
- Bakterien und Pilze sind **Bodenhafter** und überziehen die Wände des Hohlraumsystems.

Je nach Lebensformtyp lassen sich Anpassungen im Körperbau erkennen. Die Bodenorganismen sind durch ihren zylindrischen, wurm- oder kugelförmigen Körperbau gut an den Boden angepasst.

Bodenwühler haben besondere Grabwerkzeuge und einen walzenförmigen Körper, z. B. Maulwurf, Maulwurfsgrielle und verschiedene Laufkäferarten. Schnurfüßer können sich wie Bulldozer durch das Erdreich schieben, Doppelfüßer können wie ein Keil in den Boden eindringen. Viele Bodentiere sind in der Lage, sich bei Gefahr zusammenzurollen. Dieses Verhalten zeigen Rollasseln, manche Hornmilben und die Saftkugler.

Springschwänze zeigen perfekte Anpassungen an ihren Lebensraum. Arten der oberen Bodenschichten sind relativ groß (3 - 5 mm), kräftig pigmentiert, besitzen voll ausgebildete Augen und eine derbe Außenhaut. Vorteilhaft sind hier auch die gut ausgebildete Sprunggabel und lange Fühler. In der Tiefe findet man weichhäutige, lichtscheue Tiere mit zurückgebildeten Augen. Typisch sind schmale, wurmförmige Arten mit reduzierter Sprunggabel, die an die engen Hohlräume angepasst sind. Die Zahl der weißen Individuen ist auffallend groß. Diese Tiefenanpassung findet man auch bei Käfern und deren Larven (z. B. Kurzflügler), aber auch bei pflanzenfressenden und räuberischen Tausendfüßern.

Bestimmung von Tieren

Die Bodentiere bilden keine einheitliche Gruppe im Tierreich. Sie gehören völlig unterschiedlichen Stämmen, Klassen und Ordnungen an. Bei der Vielfalt der Formen erscheint es daher zunächst außerordentlich schwierig, Einzeltiere zu bestimmen. Im Vergleich zu Pflanzen ist die Bestimmung eines Tieres bis hin zur Art oft nur Spezialisten vorbehalten.

Üblich ist, ein zum gefundenen Tier passende Abbildung zu suchen, die Beschreibung zu vergleichen und zu überprüfen, ob der Name in Frage kommt. Sinnvoller ist der Weg über einen Bestimmungsschlüssel. Man muss sich jeweils zwischen zwei Möglichkeiten entscheiden und wird Schritt für Schritt weitergeführt, bis man zur Art oder einer höheren Verwandtschaftsgruppe gelangt.

Als interessante Ergänzung zu herkömmlichen Bestimmungstabellen ist die Anfertigung eines Bestimmungsrades (KUNH 1986) zu empfehlen. Vier Tageslichttransparente mit Körperteilen von Bodentieren (Kopf, Brust bzw. Mittelstück, Hinterleib) werden so montiert, dass in einem Sichtfenster das vollständige Bild eines Tieres erscheint (z. B. Assel, Hundertfüßer, Springschwanz). Die Möglichkeit, eine Kombination von verschiedenen Körperteilen zusammenzustellen, die dem gefundenen Tier möglichst ähnlich sieht, zwingt zu genauem Beobachten.

Auf diese Weise lassen sich die verschiedenen "Gliedertiere" unterscheiden. Der Körper von Insekten besteht aus drei Abschnitten, an der Brust sitzen drei Beinpaare, der Kopf trägt ein Paar Fühler. Spinnentieren fehlen die Fühler, sie haben vier Beinpaare, ihr Körper ist in zwei Abschnitte gegliedert. Asseln besitzen 7 Beinpaare, Tausendfüßer wesentlich mehr.



Zum Bestimmen ist eine Stereolupe (Binokular) mit mindestens 10facher Vergrößerung empfehlenswert.

Nachfolgend werden exemplarisch einige Bodentiergruppen und ihre ökologische Bedeutung vorgestellt. Es können nur die wichtigsten und auffälligsten Tiergruppen berücksichtigt werden. Zur näheren Artdiagnose müssen weiterführende Bestimmungsbücher herangezogen werden.

Tiergruppen und ihre Beziehung zum Boden

Urtiere (Einzeller)

Stamm:

Urtiere (Protozoa)

Klassen:

Geißeltierchen (Flagellata)

Wurzelfüßer (Rhizopoda)

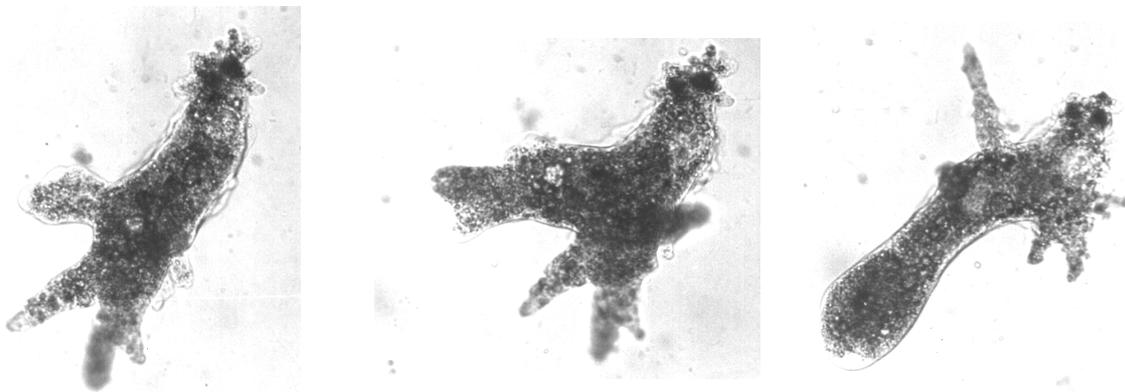
Wimpertierchen (Ciliata)

Die Urtiere sind einzellige oder in Zellkolonien lebende, mikroskopisch kleine Tiere. Als eigentliche Wassertiere sind sie an wassergefüllte Poren und den dünnen Wasserfilm, der die Bodenpartikel und Wurzeln umgibt, gebunden. Hier können bis 100000 Individuen je g Boden auftreten. Ihre Anzahl schwankt in Abhängigkeit vom Wasser- und Nahrungsangebot und dem Zellteilungsrythmus. Ungünstige Lebensbedingungen und Trockenperioden können durch inaktive Dauerstadien (Zysten) jahrelang überstanden werden. Bakterien bilden die Nahrungsgrundlage, daneben werden auch kleine Algen, Pilzhyphen, andere Einzeller und zerfallende organische Stoffe aufgenommen.

Die **Geißeltierchen** bewegen sich meist schwimmend mit einer oder mehreren am Vorderende sitzenden Geißeln fort. Sie leben in Böden mit hohem Anteil an organischen Substanzen und sind auch in stark verschmutzten Gewässern anzutreffen.

Die **Geißeltierchen** bewegen sich meist schwimmend mit einer oder mehreren am Vorderende sitzenden Geißeln fort. Sie leben in Böden mit hohem Anteil an organischen Substanzen und sind auch in stark verschmutzten Gewässern anzutreffen.

Zu den **Wurzelfüßern** gehören die bekannten Amöben. Die nackten Amöben sind regelmäßige Bewohner der oberen Bodenschichten. Zur Fortbewegung und Nahrungsaufnahme dienen Plasmafortsätze (Scheinfüßchen). Schalenamöben sind besonders in sauren Böden, in Mooren und in Moosrasen häufig, wo sie neben Bakterien vor allem Algen, Pilze und Humuspartikel aufnehmen. Die ungekammerten Gehäuse bestehen aus Gerüsteiweißen, die mit von der Zelle selbst hergestellten Kieselsäureplättchen oder Fremdmaterial (z. B. Sandkörnern) verstärkt sind.



Fortbewegung einer Amöbe (natürliche Größe ca.0,5 mm)

Die Körperoberfläche der **Wimpertierchen** ist mit zahlreichen Wimpern bedeckt, die zur Fortbewegung und zum Heranstrudeln der Nahrung dienen. Durch ihre vorwiegend schwimmende Fortbewegungsweise sind sie stärker an Wasseransammlungen gebunden. In feuchten, bakterienreichen Waldböden und Moospolstern sind mehr als 1000 Individuen je g Boden zu finden.

Japanische Lidtierchen (*Blepharisma japonica*) sind mit bloßem Auge sichtbare Einzeller. Die hochentwickelten Wimpertierchen fallen durch ihre Größe (bis 1 mm) und rote Färbung auf. Sie sind für mikroskopische Untersuchungen und Versuche gut geeignet und leicht in Petrischalen zu halten. Nahrungsgrundlage sind Bakterien, die auf Weizenkörnern leben.

Rädertierchen und Fadenwürmer

Stamm:

Rundwürmer (Nemathelminthes)

Klassen:

Rädertierchen (Rotatoria)

Fadenwürmer

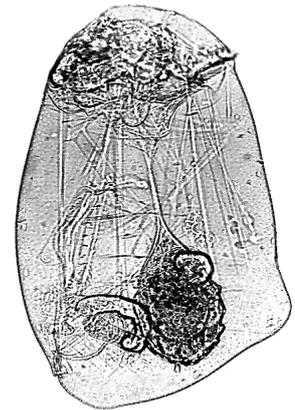
(Nematoda)

Die **Rädertierchen** sind sehr klein (0,04 - 2 mm) und formenreich. Der durchsichtige Körper ist in Kopfabschnitt, Rumpf und Fuß gegliedert. Am Kopf befindet sich das aus zwei Wimperkränzen bestehende Räderorgan, das zur schwimmenden Fortbewegung und zum Herbeistrudeln von Nahrung dient. Besiedelt werden Moospolster und obere Bodenschichten, wo sie bei der Endzersetzung von

Abfallstoffen eine Rolle spielen.

Nach den Einzellern gehören die **Fadenwürmer** zu den häufigsten Bodentieren. Pro cm³ rechnet man mit 1000 bis 10000 Fadenwürmern. Als ursprüngliche Wassertiere leben sie in zusammenhängenden dünnen Wasserfilmen der Hohlräume, wo sie sich schlängelnd fortbewegen. Bei ungünstigen Lebensbedingungen kapseln sich die Würmer ein. Die Größe der freilebenden Arten schwankt zwischen 0,5 und 2 mm. Nach ihrer Nahrungsaufnahme können sie in verschiedene Gruppen aufgeteilt werden:

- Pflanzensaftsauger, Pflanzenparasiten (Wurzelnematoden),
- Arten, die sich von Bakterien, Algen, Pilzen und abgestorbenen Pflanzen ernähren, meist freilebend,
- räuberische Arten, die Einzellern, Rädertierchen und andere Fadenwürmer fressen.



Rädertier *Asplanchnia spec.*
(natürliche Größe ca. 1 mm)



Pantoffeltierchen *Paramecium spec.*
(natürliche Größe ca. 0,3 mm)

Schnecken

Stamm:

Weichtiere (Mollusca)

Klasse:

Schnecken (Gastropoda)

Unter den Weichtieren haben nur die Schnecken landlebende Formen hervorgebracht. Arten, deren Gehäuse das gesamte Tier aufnehmen kann, werden als **Gehäuseschnecken** bezeichnet. **Nacktschnecken** haben ihr Gehäuse im Verlauf der Evolution verloren oder bis auf Schalenreste reduziert.

Die Mehrzahl der Schnecken ernährt sich von verwelkten und abgestorbenen Pflanzenteilen, Pilzen, Algen und Flechten. Einige Nacktschnecken können durch Fraß an Salat, Gemüse und Früchten schädlich werden. Es gibt auch räuberische Schnecken, die von Regenwürmern leben. Die Rote Wegschnecke (*Arion rufus*) ist Allesfresser, auch Kot und Tierleichen werden angenommen. Alle Gehäuse- und Nacktschnecken brauchen Feuchtigkeit und sind vor allem nachts oder bei feuchtem Wetter aktiv.



Weinbergschnecke

Wälder werden als Lebensräume bevorzugt, wo viele oberirdisch lebende Arten an Zersetzungsprozessen beteiligt sind. Pflanzenfressende Schnecken ziehen sich in Trockenzeiten und Kälteperioden in Hohlräume zurück und verteilen organisches Material im Boden. Der abgeschiedene Schleim bindet Bodenpartikel. In Kalkböden erreicht die Gehäuseschneckenfauna die höchste Entwicklung. Am engsten an den Boden gebunden ist die Blind- oder Nadelschnecke (*Cecilioides acicula*), erkennbar am nadelförmigen, dünnwandigen und durchsichtigen Gehäuse. Die Nahrung besteht vorwiegend aus Schimmelpilzen. In sauren Waldböden mit pilzreichem Rohhumus werden fast ausschließlich Nacktschnecken angetroffen, die Algen und Pilze fressen.



Schnirkelschnecke

Enchyträen und Regenwürmer

Stamm:

Ringelwürmer (Annelida)

Klasse:

Gürtelwürmer (Clitellata)

Ordnung:

Wenigborster (Oligochaeta)

Aus dem Stamm der Ringelwürmer sind zwei Familien von großem bodenbiologischem Interesse: Enchyträen und Regenwürmer.

Enchyträen sind 2 - 3 cm lange, weißliche Borstenwürmer. Der dunkle Darminhalt schimmert oft durch. Im Vergleich zum Regenwurm können sie nur wenig graben und leben daher vor allem in Böden mit hohem Anteil an organischem Material. Sie

fressen Mikroorganismen, Pilze und stark mikrobiell aufgeschlossene organische Abfälle (z. B. auch Kotballen von Streuzersettern) und nehmen gleichzeitig Mineralteilchen in den Darm auf. Die Tätigkeit der Enchyträen wirkt sich günstig auf die Bodenstruktur und den Luft- und Wasserhaushalt aus.

Regenwürmer sind für den Boden besonders wertvoll. Sie düngen, lockern, durchmischen und durchlüften den Boden.

In Deutschland sind 6 Regenwurmgesellschaften mit 39 Arten bekannt. Die heimischen Regenwurmartenspezies zeigen unterschiedliches ökologisches Verhalten. Im wesentlichen lassen sich drei Lebensformtypen unterscheiden, zwischen denen es gleitende Übergänge mit vielen Sonderanpassungen gibt.

Streuformen halten sich in der Humusaufgabe von Böden auf. Sie sind beweglicher, weniger lichtscheu als tiefgrabende Arten und weisen eine hohe Vermehrungsrate auf.

Der Mist- oder Kompostwurm (*Eisenia foetida*), zu erkennen an der rötlichen Grundfarbe mit gelblichen Ringen, hat ein hohes Wärmebedürfnis und lebt im Mist oder Kompost. Dadurch eignet er sich hervorragend für die Wurmkompostierung.

Der Köcherwurm (*Dendrobaena rubida*) ist ein kleiner zarter Wurm, der in lockerem Substrat vorkommt, z. B. in der Waldstreu, in Gartenböden und im Kompost. Ein Köcher aus Erde und Steinchen dient als Schutz.

Mineralbodenformen, z. B. der Feld- oder Wiesenwurm (*Allolobophora caliginosa*) kommen kaum an die Oberfläche. Sie bilden nur flache Gangsysteme zwischen 30 und 50 cm Tiefe. Dieser Bodenhorizont ist arm an organischen Teilchen, so dass sie große Erdmengen benötigen. Sie ernähren sich vor allem von Mikroorganismen, die auf den Erdteilchen sitzen.

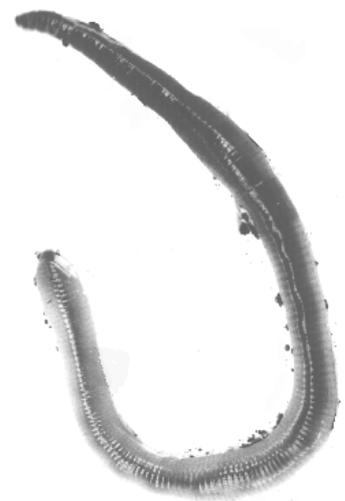
Tiefgräber, z. B. der bekannte Tauwurm (*Lumbricus terrestris*) bohren und fressen sich mit Hilfe der kräftigen Ring- und Längsmuskulatur durch den Boden und hinterlassen mit nährstoffreichem Kot verfestigte, mehrere Meter tiefe Röhren. Luft und Wasser können so leichter in den Boden eindringen, die sauerstoffbedürftigen Pflanzenwurzeln folgen den Wurmröhren in größere Tiefen.

Die lichtempfindlichen Regenwürmer sind vor allem nachts aktiv und ziehen abgestorbene, stickstoffreiche Pflanzenteile in ihre Gänge. In der feuchten Bodenluft erweichen auch harte Pflanzenteile und können nach einigen Tagen gefressen werden. Vermischt mit mineralischen Teilchen wird der Kot in Form der bekannten Wurmhäufchen an die Oberfläche gebracht. Im Darm verbinden sich Ton- und Humusteilchen zu Krümeln, die Nährstoffe und Bodenwasser speichern. Im Vergleich zu guter Gartenerde kann Regenwurmkot 7x mehr Stickstoff, 25x mehr Phosphor, 10x mehr Kalium und 2x mehr Magnesium enthalten. Dazu kommt noch ein Vielfaches mehr an Spurenelementen.

In einem feuchten Laubwald können auf der Fläche eines Hektars etwa 250000 Regenwürmer leben, auf einer Weide wurden 1 bis 5 Millionen Individuen festgestellt. Das entspricht dem Gewicht von etwa 3 Rindern (2000 kg), die zu ihrer Ernährung auch 1 Hektar Weide benötigen (KUHN u.a. 1986).



Mistwurm (*Eisenia foetida*)
natürliche Größe ca. 10 cm



Tauwurm (*Lumbricus terrestris*),
natürliche Größe ca. 15 cm

Spinnentiere

Stamm:

Gliederfüßer (Arthropoda)

Klasse:

Spinnentiere (Arachnida)

Ordnungen:

Spinnen (Araneae)

Weberknechte (Opiliones)

Pseudoskorpione (Pseudoscorpiones)

Milben (Acari)

Bei den Spinnentieren bilden Kopf- und Brustsegmente ein einheitliches Kopfbruststück (Cephalothorax), das 2 - 8 punktförmige Einzelaugen, 1 Paar Kieferklauen (Cheliceren), 1 Paar Taster und 4 Paar Beine trägt.

Spinnen spielen als Räuber eine wichtige Rolle bei der Regulation der übrigen Tierpopulationen. Sie beeinflussen auch indirekt die biologischen Prozesse im Boden. Einige Arten graben Gänge in den Boden und tragen so zur Durchlüftung bei. Spinnen,

die Fluginsekten erbeuten, führen dem Boden durch ihre Ausscheidungen zusätzliche stickstoffreiche Substanzen zu. Bodenspinnen sind sehr kleine Tiere (2 - 4 mm), die dicht über dem Boden kleine Gewebebedecken anlegen, in denen sich ihre Beute verfängt.

Weberknechte sind meist sehr langbeinige Spinnentiere (4 - 12 mm), bei denen Vorder- und Hinterkörper zu einer Einheit verwachsen sind. Sie leben am Waldboden und in der Krautschicht und ernähren sich von lebenden und toten Tieren, teilweise auch von Pflanzen.

Pseudoskorpione, kleine (2 - 5 mm), abgeflachte Spinnentiere, besitzen im Gegensatz zu den echten Skorpionen keinen Giftstachel am Hinterleib, ihre Giftdrüsen münden in einem der beiden Scherenfinger. Durch ihren stark abgeplatteten Körper sind sie hervorragend an das Leben in engen Spalten im Boden, unter der Rinde, in Vogelnestern oder sogar in alten Büchern ("Bücherskorpione") angepasst, wo sie kleine Gliederfüßer, wie Springschwänze, Staubläuse und Milben jagen. Gelegentlich klammern sie sich an Beinen von Fliegen fest und lassen sich zu einem neuen Lebensraum transportieren.

Milben gehören zu den arten- und individuenreichsten Bodentieren. Je nach Lebensweise findet man ei-, sack- oder wurmförmige Tiere, die meist nur eine Körpergröße von 0,1 - 2 mm erreichen. Vorderkörper und Hinterleib bilden eine Einheit, Mundwerkzeuge und Beine können stark abgewandelt und umgestaltet sein. Erwachsene Tiere besitzen vier Beinpaare, Larven stets drei.

Die Ernährungsweise ist sehr unterschiedlich, es gibt Pflanzen- und Tierparasiten, Vorratsschädlinge, Süßwasser- und Meeresbewohner, bodenbewohnende Pflanzenfresser und Räuber. Hornmilben, auch Moosmilben genannt, haben eine hohe bodenbiologische Bedeutung. Sie bilden 75% der gesamten Milbenfauna. Die kräftig gepanzerten Tiere können in feuchten Waldböden, besonders in Rohhumusaufgaben von Nadelwäldern mit Individuenzahlen von 100000 bis 400000 pro m² auftreten. Sie verwerten Laub- und Nadelstreu, Holz, grasen Pilzrasen ab, fressen Bakterien, Algen und Kotballen oder besiedeln tote Tiere. Holz und Fallaub fressende Milben sind Primärzersetzer, die wesentlich am Stoffumsatz beteiligt sind. Raubmilben ernähren sich in der Streu von Springschwänzen, Enchyträen, Fadenwürmern und kleinen Insektenlarven.



Bodenspinne
(natürliche Größe ca. 1,5 mm)



Pseudoskorpion
(natürliche Größe ca. 3,5 mm)



Milbe
(natürliche Größe ca. 1,5 mm)

Asseln

Stamm: Gliederfüßer (Arthropoda)
Klasse: Krebse (Crustacea)
Ordnung: Asseln (Isopoda)

Asseln (Größe 3 - 12 mm) besitzen einen abgeflachten Körper, zwei Fühlerpaare, von denen eines kaum sichtbar ist, sieben Brustsegmente mit sieben Laufbeinpaaren und sechs kleine Hinterleibssegmente mit einem Endsegment.

Die Mehrzahl der Asseln sind Meeresbewohner. Auch die Landasseln sind nur unvollständig gegen Wasserverlust geschützt und bevorzugen noch eine feuchte Umgebung. Rollasseln haben die

Fähigkeit, sich zu einer Kugel zusammenzurollen. Sie können sich damit vor Angreifern schützen, aber auch ihre Verdunstungsrate herabsetzen und trockenere Standorte besiedeln.



Rollassel (natürliche Größe ca. 1 cm)



(eingerollt)

Einen dichten Asselbesatz findet man in feuchten Wäldern, insbesondere in der Nähe von Baumstubben und Totholz, wo sie die oberen und mittleren Streuschichten bevorzugen. Mit ihren kräftigen Mundwerkzeugen zerkleinern Asseln auch wenig oder nicht zersetztes Pflanzenmaterial bis auf die Blattrippen, wodurch die Streu einer schnelleren Humifizierung zugeführt wird. In Auwäldern können Landasseln als Erstzersetzer bis zu ein Sechstel der jährlich anfallenden Streumenge verarbeiten (DUNGER 1983). Bevorzugt werden weiche Blätter mit niedrigem C/N - Verhältnis und geringen Huminsäurekonzentrationen. Für frisches Fallaub ergab sich folgende Reihe abnehmender Beliebtheit: Esche, Erle, Linde, Ulme, Ahorn, Hainbuche, Eiche und Buche (nach DUNGER 1958).

Die Aktivität der Asseln ist stark feuchtigkeits- und temperaturabhängig. Im Sommer sind sie meist nachts in den Lücken der oberen Bodenschichten unterwegs, im Herbst findet man sie an der Oberfläche im frischen Fallaub.

Asseln eignen sich gut für Nahrungswahlversuche. Dazu benötigt man einen mit lockerer Erde gefüllten Blumentopf und 10 bis 20 Asseln. Als Futter bietet man frische und abgestorbene Blätter verschiedener Baumarten, Kartoffeln, Möhren, Salat, Kohl, frisch ausgesäte Kresse oder auch Fleischstückchen an. Den Blumentopf deckt man mit einem schwarzen Karton ab und legt eine Glasscheibe auf.

Folgende Versuche sind denkbar:

- Welche Nahrung bevorzugen Asseln?
- Wie reagieren Asseln auf unterschiedliche Lichtverhältnisse?
- Wie orientieren sich Asseln?
- Wie verhalten sich Asseln bei unterschiedlichen Feuchtigkeitsverhältnissen?
- Wie wirkt sich unterschiedlicher Bodengrund aus?
- Wie schnell können Asseln laufen?
- Eignet sich Asselkot als Blumendünger?
- Gibt es einen Tag-Nacht-Rhythmus?

Ausführliche Versuchsanleitungen findet man bei BISHOP (1987), BRUCKER-KALUSCHE (1990), CLAUSNITZER (1981), ERBER u. KLEE (1978), FORKEL 1988, KRISCHKE u. LUTZ (1988), SCHILKE u. DYLLA (1980) und VOGEL (1979).

Tausendfüßer

Stamm:

Gliederfüßer (Arthropoda)

Klasse:

Tausendfüßer (Myriapoda)

Unterklassen:

Hundertfüßer (Chilopoda)

Doppelfüßer (Diplopoda)

Die Tausendfüßer unterscheiden sich von den Insekten durch ihre Körpergliederung. Der Rumpf ist weitgehend gleichförmig gegliedert, die Segmentzahl kann bis etwa 180 betragen.

Der abgeflachte Körper der **Hundertfüßer** besteht aus mindestens 19 Körperabschnitten, die mit Ausnahme des ersten und der drei letzten je ein Laufbeinpaar besitzen. Das erste Beinpaar endet in einer gebogenen Giftklaue. Bei Jungtieren wird die volle Bein- und Segmentzahl erst nach mehreren Häutungen erreicht.

Tausendfüßer sind auf genügend Kalk angewiesen, den sie in das Chitinaußenskelett einlagern. Bei Kalk- und Kalimangel geht ihr Besatz stark zurück.

Der rotbraun gefärbte Steinkriecher gehört zu den häufigsten Arten, leicht zu erkennen an den deutlich abgesetzten 15 Rumpsegmenten mit 15 Beinpaaren und einer Körperlänge von 2 - 3 cm. Der langgestreckte, orangerot gefärbte Erdläufer besitzt etwa 50 Beinpaare und wird bis 4 cm lang. Alle Arten ernähren sich räuberisch von lebenden Tieren an der Bodenoberfläche, indem sie ihre Beute mit dem Giftbiss ihrer Kieferfüße lähmen und dann ausfressen. Die flinken Erdläufer bevorzugen kleine Regenwürmer und Enchyträen, Steinkriecher fressen z. B. Insekten, Asseln, Spinnen und Milben. Hundertfüßer sind an Standorte gebunden, die ausreichend Feuchtigkeit bieten, sie leben unter Laub, Rinde, Holz, Steinen, und sind meist nachtaktiv.

Doppelfüßer sind die bodenbiologisch wichtigsten Vielfüßer. Ihre Nahrung besteht meist aus verrottenen Pflanzenteilen, einige Arten ernähren sich auch von grünen Pflanzen. In feuchten Waldböden tragen sie wesentlich zur Streuzersetzung bei. Sie besitzen einen durch Kalkeinlagerung starren Rumpf, der pro Körperring zwei Paar Beine trägt, je nach Art 13 bis über 300.

Schnurfüßer haben einen zylindrischen, langgestreckten Körper mit über 30 Körperringen. Die Zahl der Beinpaare schwankt zwischen 47 und etwa 130. Bei Störungen rollen sich die Tiere spiralig ein. Beim Wühlen durch den Boden werden die kräftig ausgebildeten Stirn- und Nackenschilde als Rammbock benutzt.

Saftkugler besitzen nur 13 Körpersegmente. Sie können sich bei Gefahr wie Rollasseln zu einer vollkommen geschlossenen, erbsengroßen Kugel zusammenrollen. Im Gegensatz zu den Schnurfüßern benutzen sie den Brustschild, um sich in den Boden einzugraben.



Saftkugler
(natürliche Größe ca. 1,3 cm)



Eingerollter Schnurfüßer
(natürliche Größe ca. 3 cm)

Bandfüßer sind im Gegensatz zu Schnurfüßern und Saftkuglern nur schlecht gegen Austrocknung geschützt. Sie leben in feuchten Wäldern, unter Holz und Steinen. Ihr aus 20 Ringen zusammengesetzter flacher Rumpf ermöglicht es ihnen, sich wie ein Keil durch Laubstreulagen oder unter Steine zu schieben.

Springschwänze

Stamm:

Gliederfüßer (Arthropoda)

Klasse:

Insekten (Insecta)

Ordnung:

Springschwänze (Collembola)

Insekten bilden die artenreichste Gruppe des Tierreichs überhaupt. Daher können hier nur die bodenbiologisch wichtigsten Gruppen genannt werden.

Voll entwickelte Insekten lassen sich leicht von anderen Gliederfüßern durch folgende Merkmale unterscheiden:

- Der Körper ist in drei Abschnitte gegliedert (Kopf, Brustabschnitt, Hinterleib).
- Jedes Brustsegment trägt 1 Paar gegliederte Beine, insgesamt sind drei Beinpaare vorhanden.
- Der Kopf trägt 1 Paar gegliederte Fühler.
- Auf beiden Kopfseiten befindet sich je ein Komplexauge.
- Am Kopf befinden sich in Anpassung an die Ernährungsweise unterschiedlich ausgebildete Mundwerkzeuge
- Viele Insekten sind geflügelt.



Streubewohnender Springschwanz
(natürliche Größe ca. 7 mm)



Kugelspringer
(natürliche Größe ca. 1 mm)

Unter den Urinsekten, primär flügellose Tiere, sind die **Springschwänze** als typische Bodentiere anzusprechen. Die Größe schwankt zwischen 0,3 und 9 mm. Kennzeichnend ist, zumindest bei oberirdisch lebenden Arten, die am vierten Hinterleibssegment sitzende Sprunggabel, mit der sie ungerichtete Fluchtsprünge (Salto vorwärts oder rückwärts) von bis zu 35 cm Weite vollführen können. Nach dem Körperbau werden rundlich-kugelige Typen (Kugelspringer) mit weitgehend verschmolzenen Körpergliedern von langgestreckten, deutlich segmentierten unterschieden. Die bei Springschwänzen so typischen Anpassungen an den Lebensraum Boden wurden bereits beschrieben.

Springschwänze findet man in fast allen Böden, wo sie vor allem indirekt an der Streuzersetzung mitwirken. Sie benagen die Blattunterseite, weiden Bakterienrasen ab, ernähren sich von Algen und Pilzhyphen und fressen Kotballen mit beigemischten Blattstückchen von Regenwürmern, Asseln und Doppelfüßern. Im Waldboden kommen durchschnittlich 40.000 Individuen pro m² vor, in den oberen Humusschichten von Nadelwäldern wurde auch die zehnfache Menge gefunden. Charakteristisch ist, dass sie nicht gleichmäßig verteilt, sondern nesterweise gehäuft auftreten, was auch für andere Bodentiere gilt. Die Stoffwechselleistungen der Springschwänze sind in entwickelten Böden relativ gering. Zusammen mit Milben wirken sie allerdings als Katalysatoren, sie vergrößern durch ihre Zerkleinerungsarbeit die Substratoberfläche und erleichtern Mikroorganismen die weitere Zersetzung.

Käfer

Stamm:

Gliederfüßer (Arthropoda)

Klasse:

Insekten (Insecta)

Ordnung:

Käfer (Coleoptera)

Käfer bilden unter den geflügelten Insekten die artenreichste und bodenbiologisch wichtigste Gruppe. Sie sind leicht an den verhornten Deckflügeln und den kauenden Mundwerkzeugen zu erkennen

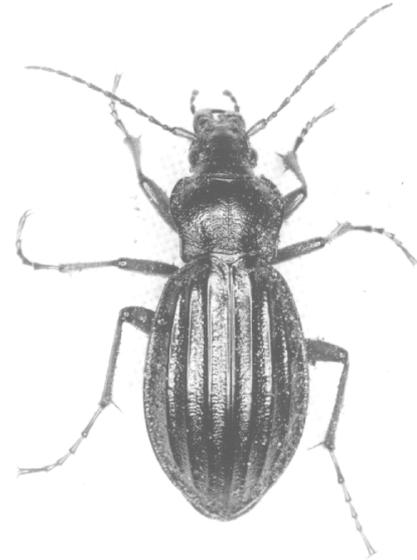
Bei der großen Artenfülle der Käfer werden verschiedenartige Biotope besiedelt. Die in unserer Fauna wichtigen Käfergruppen leben vorwiegend auf der Bodenoberfläche, können sich zwar un-

terschiedlich tief eingraben, verbringen aber nur das Larvenstadium als echte Bodentiere.

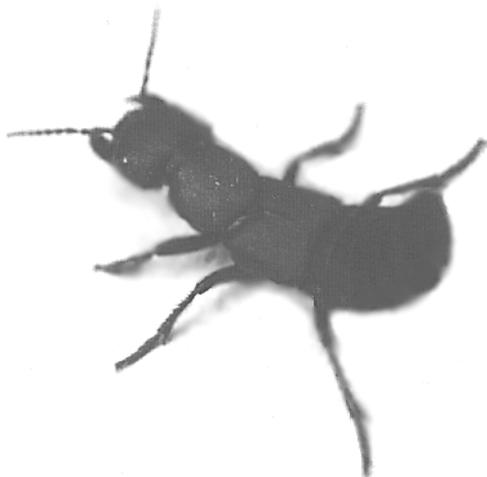
Laufkäfer sind flinke, meist nachtaktive Tiere. Die Größe der europäischen Arten schwankt zwischen 2 und 40 mm. Tagsüber halten sie sich unter Laub, Steinen, Rinde, Holz oder in Bodenhohlräumen auf. Hauptnahrungsquelle der erwachsenen Tiere und der Larven sind Regenwürmer, Schnecken und Insekten, pflanzliche Kost wird aber nicht verschmäht.

Federflügler sind mit einer Größe von nur 0,5 mm die kleinsten Käfer. Die Flügel sind stark gefiedert und werden in der Ruhelage geknickt unter den Deckflügeln getragen. Die flugfähigen Käfer werden durch bewegte Luft verbreitet. Sie besiedeln morsches Holz, organischen Abfall, Dünger oder Laubstreu und ernähren sich von Pilzsporen.

Kurzflügelkäfer bilden die artenreichste Familie in Mitteleuropa. Charakteristisch sind die kurzen Deckflügel, unter denen die häutigen Hinterflügel zusammengefaltet sind. Dadurch ist der Hinterleib sehr beweglich und sie können sich in kleinste Hohlräume zwängen. Kurzflügelkäfer zeigen typische Anpassungen an den Lebensraum Boden. Die flugfähigen Arten der Bodenoberfläche fallen durch ihre relativ plumpe Gestalt und noch vergleichsweise langen Deckflügel auf. Die Bewohner der tieferen Bodenschichten sind schlanker, besitzen stark verkürzte oder völlig reduzierte Deckflügel und sind weitgehend flugunfähig. Die erwachsenen Käfer leben ebenso wie die Larven meist räuberisch im und am Boden, in der Krautschicht, im Moos, unter Rinde, in Vogelnestern, in Ameisennestern und oft auch an und in Pilzen. Pflanzennahrung ist jedoch die Ausnahme. Kurzflügler sind zu jeder Jahreszeit aktiv, viele Arten auch im Winter in der Streu unter der Schneedecke.



Goldlaufkäfer
(natürliche Größe ca. 3 cm)



Kurzflügelkäfer
(natürliche Größe ca. 2 cm)

Die zu den **Aaskäfern** zählenden Totengräber sind durch ihre bei Käfern einmalige Brutpflege bekannt. Sie vergraben kleine Wirbeltierleichen in den Boden. Das Weibchen legt Eier in Kammern ab, die über einen Muttergang mit der Aaskugel verbunden sind. Die Larven werden mit vorverdaulichem Aas gefüttert.

Mistkäfer fördern durch den Abbau von Tierkot die Humusbildung. Sie bringen Tierkot als Larvennahrung in ein unterirdisches Gangsystem.

Maikäfer verbringen als Engerlinge 2 - 4 Jahre im Boden und ernähren sich von abgestorbenen Pflanzenteilen und Wurzeln.

Hirschkäfer beteiligen sich an der Zersetzung von Stubben. Die Entwicklung der Larven erfolgt im morschen Holz.

Die Larven der **Schnellkäfer** ("Drahtwürmer") können durch Wurzelfraß schädlich werden.

Hautflügler und Zweiflügler

Stamm:

Gliederfüßer (Arthropoda)

Klasse:

Insekten (Insecta)

Ordnungen:

Hautflügler (Hymenopteren)

Zweiflügler (Diptera)

Die Hautflügler bilden eine formenreiche und durch vielfältige Lebensweisen (z. B. Staatenbildung, Parasitismus) gekennzeichnete Insektenordnung. Der Name bezieht sich auf die vier häutigen Flügel, die bei verschiedenen Arten zurückgebildet sind oder ganz fehlen.

Viele Familien weisen Beziehungen zum Boden auf. Die Larven der **Holzwespen** tragen zur Stubbenzersetzung bei und bereiten den Weg für den weiteren Abbau durch Bakterien und Pilze. Durch die Anlage von Erdnestern können **Falten-, Weg- und Grabwespen** und **solitär lebende Bienen** bodenbiologisch wirksam werden.

Am wichtigsten für den Boden sind die **Ameisen**. Alle Ameisen leben sozial in Kolonien. Ein mittleres Volk der Kleinen Roten Waldameise enthält 500000 bis 800000 Individuen, das Hügelnest kann bis 2 m hoch und an der Basis bis 5 m breit sein. Durch die Anlage ober- und unterirdischer Nester aus Erde und Sand, Nadeln, Ästchen und zerkleinertem Pflanzenmaterial tragen Ameisen zur Umschichtung, Lockerung und Durchlüftung des Bodens bei. In Trockengebieten können sie die dort fehlenden Regenwürmer ersetzen. Als meist räuberisch lebende Tiere führen sie dem Boden große Mengen stickstoffreicher Exkremente zu. Ein starkes Ameisenvolk kann bis zu 100000 Insekten täglich erbeuten und dadurch in der Niederhaltung von Forstschädlingen von großem Nutzen sein.

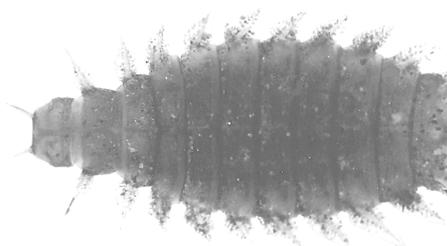
Bei den **Zweiflüglern** sind nur die Vorderflügel gut ausgebildet, die Hinterflügel sind zu Schwingkölbchen umgewandelt. Mücken haben einen schlanken Körper, lange, dünne Beine und dünne Fühler. Fliegen sind gedrungener gebaut und besitzen kürzere Fühler.

Die Ernährung der Zweiflügler ist sehr vielseitig. Die Larven der **Mücken**, beinlose "Maden" besitzen eine Kopfkapsel mit beißenden Mundwerkzeugen, die der **Fliegen** weisen eine saugende Ernährungsweise auf. Einige Gruppen leben als Larven im Wasser. Zahlreiche Pilz-, Abfall- und Aasfresser besiedeln den Boden; räuberische und parasitische Lebensweise ist ebenfalls häufig.

Die Zweiflügler gehören im Larvenstadium zu den wichtigsten Bodentieren, die in bodensauren Laubwäldern die dort fehlenden primären Streuzersetzer wie Asseln und Doppelfüßer vertreten können. Sie finden sich oft in großen Populationen in der Streuschicht. Die Mehrzahl bevorzugt feuchte Böden, manche Arten sind gegen Überschwemmung unempfindlich. Bei vielen Arten erfolgt im Hochsommer die Eiablage, die Larven entwickeln sich von Herbst bis Frühjahr und schlüpfen nach der Puppenruhe im Frühsommer aus.



Nesthügel der Kleinen Roten Waldameise



Fliegenlarve
(natürliche Größe ca. 9 mm)

Große Zweiflüglerlarven, wie z. B. die der Schnaken und Haarmücken zerkleinern die Blätter bis auf die Blattrippen, die kleineren Larven, z. B. die der Trauermücken fressen Löcher in das Blattgewebe und nehmen Kotballen von streufressenden Arten auf. Zu den bodenbiologisch wichtigen Zweiflüglern gehören auch die Larven der Zuckmücken, Pilzmücken, Bremsen, Schnepfenfliegen und Schwebfliegen

Grillen und Ohrwürmer

Stamm:

Gliederfüßer (Arthropoda)

Klasse:

Insekten (Insecta)

Ordnungen:

Springschrecken (Saltatoria)

Ohrwürmer (Dermaptera)

Von den Springschrecken haben in Europa fast nur die **Grillen** und die **Maulwurfsgrillen** bodenbiologische Bedeutung. Die Feldgrille bevorzugt trockene und warme Böden mit niedriger Vegetation, wo sie in unmittelbarer Nähe der selbstgegrabenen Wohnröhre anzutreffen ist. Als Allesfresser ernähren sie sich von zarten Pflanzenteilen und kleinen Insekten. Die Larven schlüpfen im Sommer und überwintern meist im vorletzten Stadium.

Die mehr feuchtigkeitsliebende Waldgrille lebt in lichten Laubwäldern in der Laubstreu.

Maulwurfsgrillen legen mit ihren zu kräftigen Grabschaufeln umgestalteten Vorderbeinen Wohngänge in lockeren, feuchten Böden an. Ihre Nahrung besteht aus anderen Bodentieren (Insektenlarven, Regenwürmer) und pflanzlichen Stoffen. Durch Abbeißen von Wurzeln und durch ihre Wühltätigkeit können sie schädlich werden.



Ohrwurm
(natürliche Größe ca. 1,5 cm)

Die **Ohrwürmer** sind leicht zu erkennen an dem langgestreckten, abgeplatteten Körper und den großen zangenförmigen Hinterleibsanhängen. Die sehr kurzen Vorderflügel bedecken die zarthäutigen, kompliziert zusammengefalteten Hinterflügel. Ohrwürmer leben als lichtscheue, nachtaktive Tiere unter Steinen, Rinde, Laub, in der Streu und in engen Hohlräumen. Hauptnahrung bilden zarte Pflanzenteile, Früchte und weichhäutige Insekten, z. B. Blattläuse. Der Gemeine Ohrwurm gräbt zur Eiablage und Überwinterung Erdröhren

Weitere Tiergruppen

Säugetiere wie Fuchs, Dachs, Echte Mäuse, Wühlmäuse, Kaninchen, Spitzmäuse und Maulwürfe nutzen den Boden durch Graben oder Nestbau, verändern dabei die oberen Bodenschichten und hinterlassen Exkremente.



Als wichtigstes Säugetier des Bodens ist für mitteleuropäische Verhältnisse der **Maulwurf** zu nennen. Im Boden legt er sich ein weitverzweigtes Gangsystem an und sorgt damit für Umlagerung und Belüftung des Bodens. Seine Anwesenheit ist an den aufgeworfenen Erdhügeln zu erkennen.

Körperbau und Verhalten sind perfekt an die unterirdische Lebensweise angepasst. Dazu tragen vor allem der walzenförmige Körper mit samtartigem, strichlosem Fell und die kräftigen, zu Grabschaufeln ausgebildeten Vorderbeine bei.

Wichtigste Nahrungstiere sind Regenwürmer und verschiedene Gliedertiere, z. B. wurzelfressende Fliegenmaden und Käferlarven. Im Winter findet er in tieferliegenden Erdgängen ausreichend Nahrung. Bei starker Bodenaustrocknung und Frost werden auch oberirdische Nahrungsquellen erschlossen.

Die Rolle der Bodentiere im Kreislauf der Stoffe

Die organischen und anorganischen Stoffe eines Lebensraumes befinden sich in ständiger Bewegung. Mit Hilfe der Sonnenenergie bauen grüne Pflanzen (Produzenten) aus Wasser, Kohlendioxid und mineralischen Nährstoffen organische Stoffe auf.

Zersetzer (Destruenten) sorgen für den Abbau der toten organischen Substanzen. Man kann zwei Hauptgruppen unterscheiden. Abfallfresser (Sapropagen) unter den Bodentieren erledigen die mechanische Zerkleinerungsarbeit. Abbauer (Reduzenten), wie Bakterien, Pilze und andere Mikroorganismen bauen die organischen Stoffe auf chemischem Weg ab, wobei Nährstoffe freigesetzt werden, die von den Pflanzen wieder aufgenommen werden können. So entsteht ein Kreislauf.

Innerhalb dieses grundlegenden Kreislaufs existieren weitere Stufen. Die Lebewesen eines Ökosystems leben nicht unabhängig nebeneinander her, sondern sind durch vielfältige Nahrungsbeziehungen miteinander verknüpft.

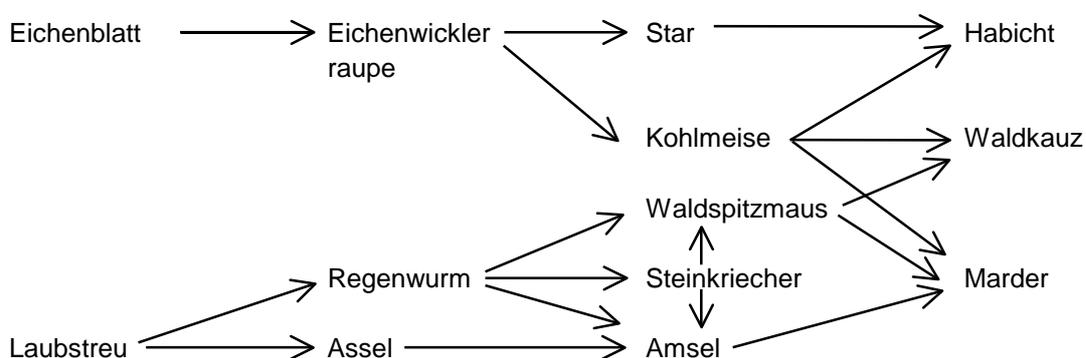
Von den grünen Pflanzen, den Primärproduzenten ernähren sich Pflanzenfresser als Konsumenten 1. Ordnung (Primärkonsumenten), von denen die Konsumenten 2. Ordnung (Sekundärkonsumenten, Fleischfresser) leben. Folgekonsumenten (Tertiärkonsumenten usw.) sind Räuber oder Parasiten der Sekundärkonsumenten.

Im Wald stehen Blattfresser am Anfang. Von diesen ernähren sich z. B. Raupen, die von Kleinvögeln gefressen werden, die ihrerseits Greifvögeln zum Opfer fallen. Die einzelnen Nahrungsbeziehungen lassen sich so zu Nahrungsketten bzw. Nahrungsnetzen verknüpfen.

Beispiele für Nahrungsketten:

Eichenblatt ---> Eichenwicklerraupe ---> Kohlmeise ---> Habicht
Laubstreu ---> Regenwurm ---> Steinkriecher ---> Amsel ---> Marder

In der Natur sind solche Ketten verzweigt und miteinander verknüpft. Eichenwickler werden auch vom Star, vom Buchfink und von der Ringeltaube gefressen, die wiederum Beutetiere von Greifvögeln sind. Die Kohlmeise frisst auch viele andere Insekten, Larven und Spinnen und wird vom Baumkauer gejagt. Asseln und Regenwürmer sind wichtige Streuzersetzer. Regenwürmer werden auch vom Igel, vom Maulwurf und von der Amsel gefressen. Der Steinkriecher ist Beute der Waldspitzmaus, die Igel, Baumkauer, Waldkauz und Fuchs als Nahrung dient. Der Fuchs ernährt sich gelegentlich auch von Regenwürmern. Die am Ende der Nahrungsketten stehenden großen Räuber sind an mehrere Nahrungsketten angeschlossen. Beim Waldkauz, z. B. können etwa 30 verschiedene Nahrungsketten enden.



Ausschnitt aus einem Nahrungsnetz

Nahrungsbeziehungen im Boden

Diese Beziehungen sind allerdings nur dann vollständig, wenn auch der Abbau toter organischer Substanz mit einbezogen wird.

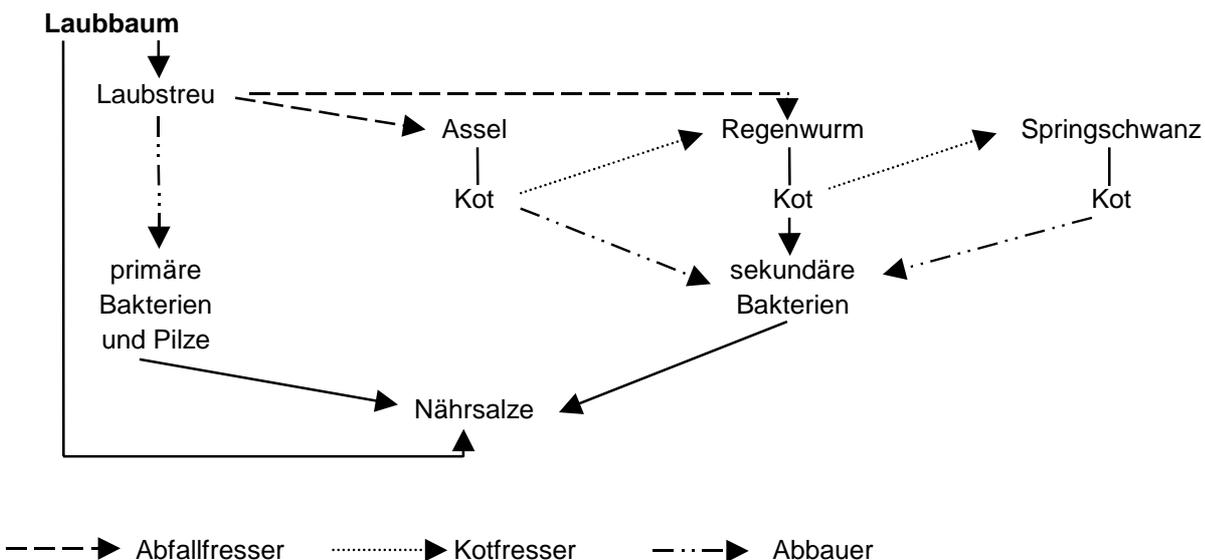
Pflanzenfresser verbrauchen nur einen geringen Teil der ihnen zur Verfügung stehenden Nahrung. In einem Mischwald werden nur etwa 5 % des jährlichen Zuwachses von Pflanzenfressern genutzt, der Rest geht als abgestorbenes Holz und Laub in die (Detritus-) Nahrungskette des Bodens (DAUMER/SCHUSTER 1988).

Von der Produktion der Erstkonsumenten wird nur ein geringer Teil als Beute von räuberischen Tieren genutzt. Der größere Teil geht als Leichen an die Bodenschicht. Unverdauliche Reste, Kot, Haare, Federn und sonstige Teile werden ebenfalls an den Boden abgegeben.

Der Boden ist somit der Hauptumsatzort in Landökosystemen, die nicht nur aus den oberirdischen Produzenten und Konsumenten bestehen, sondern auch die unterirdischen Bodenlebewesen umfassen. Diese Zersetzer (Destruenten) bringen 10-100mal mehr Biomasse als die Glieder der Nahrungsketten über dem Boden. Über Tiere, die Destruenten fressen, kann Biomasse aus dem Boden in Nahrungsketten über dem Boden zurückkehren.

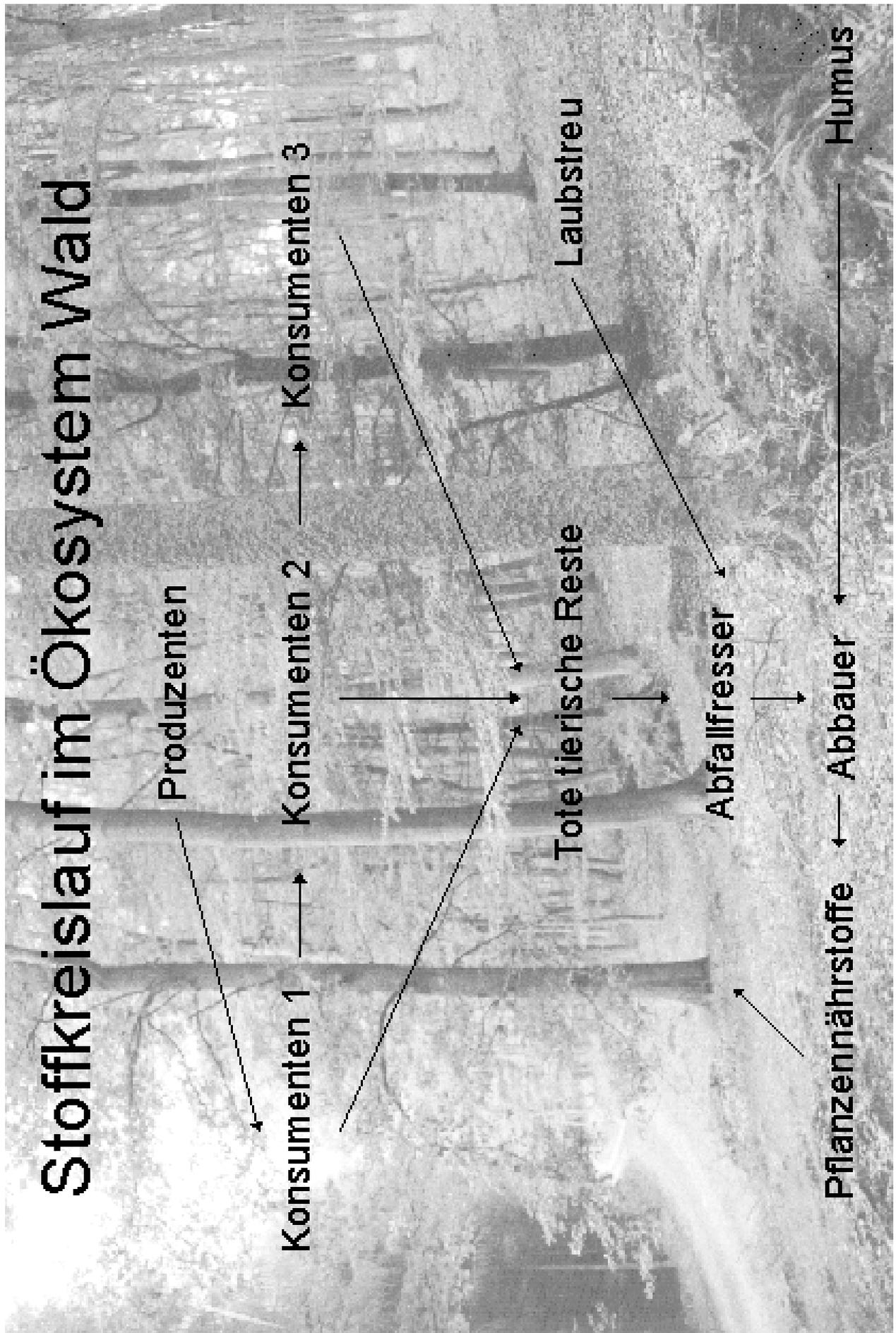
Die Rolle der tierischen Bodenbewohner besteht nicht in einer chemischen Zersetzung der organischen Masse, sondern nur in der Zerkleinerungsarbeit und Vermischung mit dem Boden. Die Primärzersetzer in der Streu nehmen große Mengen Fallaub auf und scheiden große Kotmengen ab, die für weitere Zersetzer besser angreifbar sind. Die relative Oberfläche der abzubauenen Stoffe wird dadurch erheblich vergrößert. Die durch einen Regenwurm gegangene Erde erfährt eine Oberflächenvergrößerung von 75%, die durch Hornmilben bearbeitete Erde eine Oberflächenvergrößerung von 500000% (DYLLA/KRÄTZNER 1986). Hier können Mikroorganismen angreifen und schwer verdauliche Pflanzenteile aufschließen. Viele Bodentiere ernähren sich von diesen Mikroorganismen, deren Populationsdichte damit zwar dauernd niedrig gehalten wird, langfristig aber in der produktiven Wachstumsphase bleibt. Ohne diese Beweidung würden die Mikroorganismen in eine stationäre Phase ohne weitere Vermehrung übergehen.

Als Endprodukt der Abbauprozesse entstehen durch Mineralisierung anorganische Verbindungen, die den Pflanzen als Nährstoffe dienen. Dafür sind Bodenbakterien und Pilze als Reduzenten (Abbauer) verantwortlich. Primäre Bakterien bauen die Laubstreu direkt ab, sekundäre Bakterien leben im Darm von Abfall- und Kotfressern. Die organische Substanz wird von den Reduzenten nicht vollkommen mineralisiert. Aus Zwischen- und Endprodukten entstehen neue, bodeneigene Humusstoffe, die als Nährstoffspeicher dienen.



Nahrungsnetz im Boden (nach KYBURZ-GRABER 1981)

Stoffkreislauf im Ökosystem Wald



Unterrichtseinheit "Lebensraum Boden"

1. Tag (Gelände, Arbeitsraum): Exkursion in den Wald

- Untersuchung eines Bodenprofils im Laubwald, Beschreibung der Bodenhorizonte mit Hilfe einer Laubstreuleiter (Streuauflage, Humusschichten, Oberboden, Unterboden)
- Vergleich zwischen Laub- und Nadelstreu
- Untersuchung der Streuauflage auf Fraßspuren (z. B. Fensterfraß, Lochfraß, Skelettfraß)
- Suche nach Bodentieren
- Mitnahme von Streu- und Bodenproben aus verschiedenen Tiefen
- Anfertigen und Aufstellen von Berlese-Trichtern

2. Tag (Arbeitsraum, Gelände): Auswerten der Bodenproben

- Sichtung der Berlese-Trichter auf Bodentiere
- Anfertigen von Bestimmungshilfen (z. B. Bestimmungsraster), Bestimmen der Bodentiere mit Hilfe von Fachliteratur
- Feststellen der Arten- und Individuenzahl, Vergleich zwischen Laub- und Nadelwald
- Zurückbringen der gefangenen Bodentiere an den ursprünglichen Fundort

3.Tag (Arbeitsraum): Dokumentation der Ergebnisse

- Erstellen von einfachen Schmierprofilen zum Bodenaufbau im Laub- und Nadelwald
- Erstellen einer Zersetzungsserie eines Laubblattes
- Steckbriefe zu einzelnen Bodentieren (z. B. Ernährung, Lebensweise, Bedeutung für den Boden)
- Nahrungsketten, Nahrungskreislauf, Rolle der Bodenlebewesen bei der Humusbildung
- Bedeutung des Regenwurms für den Boden, Kompost und Bodenfruchtbarkeit



Literatur

- ABRAHAM, R.: Fang und Präparation wirbelloser Tiere. Stuttgart 1991.
- AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE: Bodenökologie. Laufener Seminarbeiträge 7/86. Laufe/Salzach 1986.
- ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENKUNDE: Kartieranleitung. 2. Aufl., Hannover 1971.
- ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG: Forstliche Standortsaufnahme. 3. Aufl., Münster-Hiltrup 1978.
- AUERNHEINMER, A. U. AUERNHEIMER, A.: Der naturnahe Schulgarten. Donauwörth 1991.
- BECK, L.: Zur Bedeutung der Bodentiere für den Stoffkreislauf in Wäldern. In: Biologie in unserer Zeit, 23. Jg., Nr. 5, 1993, S. 286 - 294.
- BEGEROW, G., D. RODI, F. BAY U.G. J. KRIEGLSTEINER: Thema Acker. IPN-Einheitenbank Biologie. Lehrerheft. Köln 1978
- BICK, H.: Ökologie. Grundlagen, terrestrische und aquatische Ökosysteme, angewandte Aspekte. Stuttgart 1989.
- BISHOP, O.: Abenteuer Natur. Kleine Tiere selbst erforscht. Stuttgart 1987.
- BÖHLMANN, D.: Bodenbiologie exemplarisch: Ein Laubblatt fällt ab und wird zersetzt. In: Der Biologieunterricht, H.4, 1976, S.35-55.
- BÖHLMANN, D.: Ökophysiologisches Praktikum. Grundlagen des Pflanzenwachstums . Pareys Studientexte 33. Hamburg und Berlin 1982.
- BÖLTS, H.: Wald erkunden, Wald verstehen. Materialien für den Unterricht, Bd.18. Redaktionsgemeinschaft Soznat. Marburg 1985.
- BRAUNS, A.: Praktische Bodenbiologie Stuttgart 1968.
- BRUCKER, G. UND KALUSCHE, D.: Bodenbiologisches Praktikum. Heidelberg 1976.
- BRUCKER, G.: Bodenbiologie. Unterricht Biologie, H.57, 5.Jg., 1981.
- BRUCKER, G.: Kleinlebensräume - einfach untersucht. Praxis Schriftenreihe Biologie Bd.34. Köln 1986.
- BRUCKER, G.: Leben im Boden. Beilage zu Unterricht Biologie, H.57, 5.Jg., 1981.
- BRUCKER, G.: Lebensraum Boden: Daten, Tipps und Tests. Stuttgart 1988.
- BRÜNGER, U.: Die Abhängigkeit der Bodenarthropoden von mikroklimatischen Faktoren. In: Praxis der Naturwissenschaften - Biologie 1/37, Jahrgang 1988. S. 21 - 31.
- BUCH, W.: Der Regenwurm im Garten. Stuttgart 1986
- CLAUSNITZER, H. J.: Die Assel im Unterricht. In: Naturwissenschaften im Unterricht - Biologie, H.5, 1981, S. 129-134.
- DAUMER, K. U. M. SCHUSTER: Stoffwechsel, Ökologie und Umweltschutz. München 1988.
- DER MINISTER FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND BAUWESEN. SAARLAND.: Der Boden als Lebensgrundlage und Nutzungsobjekt. Schriftenreihe der Obersten Naturschutzbehörde 2. Saarbrücken 1977.
- DUNGER, W.: Tiere im Boden. Die Neue Brehm-Bücherei 327. Wittenberg 1983.
- DUNGER, W.: Über die Zersetzung der Laubstreu durch die Boden-Makrofauna im Auenwald. In: Zool. Jb. Syst. 86, S. 139-180.
- DYLLA, K. U. KRÄTZNER, G.: Das ökologische Gleichgewicht in der Lebensgemeinschaft Wald. Biologische Arbeitsbücher 9. 4. Aufl., Heidelberg 1986.
- EHRNSBERGER, R. (HRSG): Bodenmesofauna und Naturschutz. Informationen zu Naturschutz und Landschaftspflege in Nordwestdeutschland, Band 6. Cloppenburg 1993.
- EHRNSBERGER, R.: Bodentiere und Bodenfruchtbarkeit. Unterricht Biologie , H.144, 13.Jg., 1989, S.34-37.
- EHRNSBERGER, R.: Tiere im Boden. Beihefter Unterricht Biologie , H.144, 13.Jg., 1989.
- EISENBEIS, G. U. W. WICHARD: Atlas zur Biologie der Bodenarthropoden. Stuttgart 1985.
- ELLENBERG, H. MAYER, R. u. SCHAUERMANN, J.: Ökosystemforschung - Ergebnisse des Solling-Projekts. Stuttgart 1986.
- ERBER, D. U. R. KLEE: Schülerexperimente zu einer Unterrichtseinheit "Ökologie des Waldbodens". In: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Kiel 1977 (1978)
- FALKENBERG, H.: Lebensgemeinschaften in der heimatischen Natur. Die Neue Brehm-Bücherei. Wittenberg 1968.
- FALTERMEIER, R.: Praktischer Unterricht Biologie: Lebensraum Boden. Stuttgart 1996.

- FISCHER, J.: Erkunden und Beobachten von Pflanzen und Tieren am Standort des Schullandheims Hohegeiß/Oberharz. In: Projektarbeit im Schullandheim, Bd.2: Biologie, S.359-398, Regensburg 1980.
- FORKEL, J.: Erleben, Erkunden, Handeln: Boden. Ideen, Projekte, Aktivitäten. Mülheim a.d.Ruhr 1988.
- FRANCE, R. H.: Das Leben im Boden. Das Edaphon. Nachdruck der 1921 und 1922 erschienen Auflagen.
- GISI, U.: Bodenökologie. Stuttgart 1990.
- GÖBEL, P.: Alles über Gartenböden. Stuttgart 1984.
- GRAFF, O.: Unsere Regenwürmer. Hannover 1984.
- GREISENEGGER, I., FARASIN, K., PITTER, K.: Umweltspürnasen. Aktivbuch Wald. Wien 1987.
- HEINRICH, D. U. M. HERGT: dtv-Atlas zur Ökologie. MÜNCHEN 1990.
- HESSISCHE ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR GESUNDHEITSERZIEHUNG: Die Natur braucht eine Kur. Marburg 1989.
- HOEBEL-MÄVERS, M.: Die Bodenorganismen und ihre Bedeutung für Stoffkreislauf und Bodenentwicklung. In: Der Biologieunterricht, H.4, 1975, S.4-26.
- HORSTMANN, D., H. LIENENBECKER U. W. VIETH.: Wirbellose Tiere in der Hecke - praktische Untersuchungen im Unterricht. In: Praxis der Naturwissenschaften - Biologie 1/46, Jg. 1997, S. 21 - 33.
- JACOBS, W.: U. RENNER, M.: Biologie und Ökologie der Insekten. Ein Taschenlexikon. Stuttgart 1988.
- JEDICKE, E.: Boden. Entstehung, Ökologie, Schutz. Ravensburg 1989.
- JOGER, U. (HRSG.): Praktische Ökologie. Reihe Laborbücher Ökologie. Frankfurt 1989.
- KALUSCHE, D.: Ökologie. Biologische Arbeitsbücher 25. 2. Aufl., Heidelberg 1982.
- KASCHEWSKI, I.: Tiere im Waldboden. Unterrichtsmodell Sek.I. In: Unterricht Biologie, H.13, 1977, S.26-31.
- KIEFER, E.: Der Maulwurf - angepaßt an ein Leben im Boden. In: Unterricht Biologie 133 / 12. Jg., April 1988. S. 14 - 19.
- KLAHM, G. u. H. MEYER: Der Regenwurm als Kompostierer. In: Unterricht Biologie 127, 11. Jg., September 1987. S. 16 - 19.
- KRISCHKE, N. U. W. LUTZ: Asseln und Mehlkäfer schützen sich - durch Orientierung. In: Unterricht Biologie 139, 12. Jg. 1988.
- KUHN, K., PROBST, W., SCHILKE, K.: Biologie im Freien. Stuttgart 1986.
- KUNTZE, ROESCHMANN, SCHWERDTFEGGER: Bodenkunde. 4. Aufl., Stuttgart 1988.
- KYBURZ-GRABER, R.: Schutz des Waldes. IPN-Einheitenbank Biologie. Lehrerheft. Köln 1981.
- MAYER, P. U. SEUFERT, M.: Rettet den Boden. Ein Stern Report. Hamburg 1985.
- MEINHARDT, U.: Alles über Regenwürmer. Stuttgart 1986.
- MÜCKENHAUSEN, E.: Die Bodenkunde. 3. Aufl., Frankfurt 1985.
- NORDDEUTSCHE NATURSCHUTZAKADEMIE: Bodenorganismen und Bodenschutz. Flächenstilllegung und Extensivierung in der Landwirtschaft. NNA-Berichte 3. Jg., Heft 2. Schneverdingen.1990.
- NOTTBOHM, G.: Tiere unter Steinen. Unterrichtsmodell für die Primarstufe. Unterricht Biologie 127, 1987, S. 13 - 15.
- PÄDAGOGISCHES ZENTRUM RHEINLAND-PFALZ: Lebensgrundlage Boden. Umwelterziehung praktisch 3-87. Bad Kreuznach 1987.
- PÄDAGOGISCHES ZENTRUM RHEINLAND-PFALZ: Schule und Forstamt in Rheinland-Pfalz. Lebewesen der Laub- und Nadelstreu. Bad Kreuznach 1989:
- PÄDAGOGISCHES ZENTRUM RHEINLAND-PFALZ: Lebensgrundlage Boden. PZ-Informationen 13/90. Bad Kreuznach 1990.
- PETERS, W. U. V. WALLDORF: Der Regenwurm - *Lumbricus terrestris* L. . Eine Praktikumsanleitung. Heidelberg, Wiesbaden 1986.
- PROBST, W. U. K. SCHILKE: Praktischer Unterricht Biologie: Natur erleben - Natur verstehen. Stuttgart 1995.
- REMMERT, H.: Ökologie. Ein Lehrbuch. 4. Aufl., Berlin 1989.
- RIEDL, A.: Das aktuelle Unterrichtsziel. Der Waldboden - Experimente und Untersuchungen. In: Praxis der Naturwissenschaften - Biologie 7/81. S. 216 - 223.
- SCHALLER, F.: Die Unterwelt des Tierreiches. Verständliche Wissenschaft 78. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1962.
- SCHILKE, K. U. DYLLA, K.: Herbstfärbung und Laubfall. IPN-Einheitenbank Biologie. 2. Aufl., Köln 1980.

- SCHMIDT, H.: Tierkunde. Handbuch zur Unterrichtsvorbereitung. Köln 1978.
- SCHUBERT, R.: Lehrbuch der Ökologie. 3. Aufl., Jena 1991.
- SCHROEDER, D.: Bodenkunde in Stichworten. Kiel 1969.
- SCHWEIZERISCHES ZENTRUM FÜR UMWELTERZIEHUNG DES WWF: Wald erleben, Wald verstehen. 4.Aufl., Zürich 1985.
- SEDLAG, U.: Insekten Mitteleuropas. Stuttgart 1986.
- SEGER, J.: Im Wettstreit mit *Talpa europaea*. - ein Beitrag zum Biologieunterricht im Freiland. In: Praxis der Naturwissenschaften - Biologie 7/39, Jg. 1990. S. 43 - 45.
- SLABY, P.: Wir erforschen den Boden. Verlag Die Werkstatt/AOL Verlag. Göttingen, Lichtenau 1988.
- STERN, H. u. a.: Rettet den Wald. München 1979.
- SULZBERGER, R.: Kompost und Wurmhumus. München 1989.
- TOPP, W.: Biologie der Bodenorganismen. UTB 1101. Heidelberg 1981.
- TROLLDENIER, G.: Bodenbiologie. Die Bodenorganismen im Haushalt der Natur. Kosmos Studienbücher. Stuttgart 1971.
- TROMMER, G. U. GUTTMANN, R.: Nahrungsbeziehungen von Bodentieren. Unterrichtsmodell Orientierungsstufe. In: Unterricht Biologie, H.57, 5.Jg., 1981, S.18-31.
- VOGEL, W.: Waldboden als Nährstoffgrundlage für pflanzliches Wachstum. In: HILF - Hauptstelle Reinhardswald -"Wald und Umwelt". Fulda 1979, S.5-31.
- VOITL / GUGGENBERGER / WILLI: Das große Buch vom biologischen Land- und Gartenbau. Wien 1980.
- WEIGER, H.: Der Boden - unersetzbarer Lebensraum. In: Praxis der Naturwissenschaften - Biologie 8/81. S. 236 - 244.
- WITTE, G. R.: Zur Biologie des Maulwurfs. In: Praxis der Naturwissenschaften - Biologie 3/39, Jg. 1990.S. 48 - 50.
- WITTE, G. R. UND SEGER, J.: Der Maulwurf. Beispiel für ökologische Plastizität und ethologische Anpassungen. In: Praxis der Naturwissenschaften - Biologie 7/40, Jg. 1991. S. 22 - 26.
- ZACHARIAE, G.: Spuren tierischer Tätigkeit im Boden des Buchenwaldes. Forstwissenschaftliche Forschungen. Hamburg und Berlin 1965
- ZIEGELASCH, H. H.: Der unbekannteste Regenwurm. Tuttingen 1984.

Bestimmungsbücher:

- BELLMANN, H.: Spinnen, Krebse, Tausendfüßer. Die farbigen Naturführer, hrsg. von G. Steinbach. München 1991.
- BROHMER, P. Fauna von Deutschland. 17. Aufl., Heidelberg, Wiesbaden 1988.
- DIERL, W.: Insekten: Mitteleuropäische Arten; Merkmale, Vorkommen, Biologie. München 1988.
- MÜLLER, H. J.: Bestimmung wirbelloser Tiere im Gelände. Stuttgart 1986.
- SEDLAG, U. (Hrsg.): Insekten Mitteleuropas. Stuttgart 1986.
- STRESEMANN, E. (Hrsg): Exkursionsfauna. Band 2, Wirbellose. Berlin 1986.
- STURM, H.: Tiere leicht bestimmt. 2. Aufl., Bonn 1984
- ZAHRADNIK, J.: Der Kosmos-Insektenführer. Stuttgart 1989.

Medien

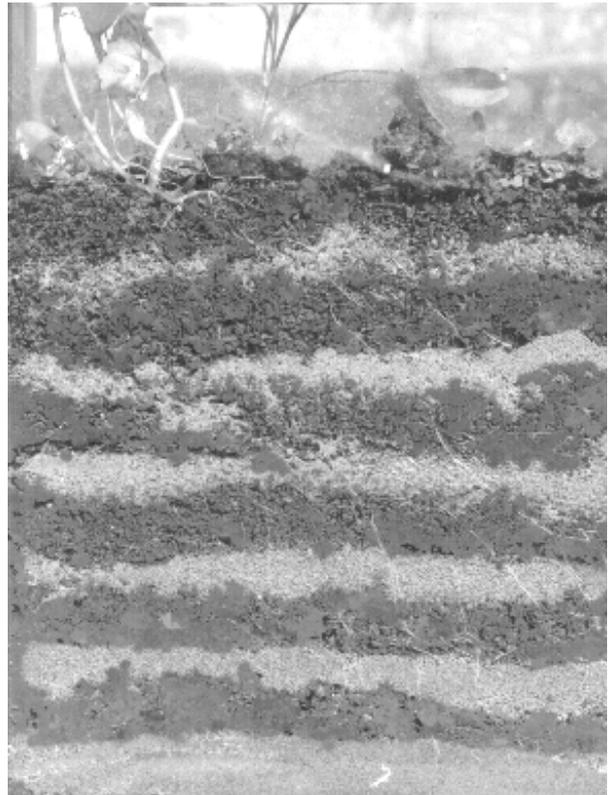
- INSTITUT FÜR FILM UND BILD (FWU): Entstehung eines Bodens, Nr.: 32 00993, 19 min, Grünwald 1967.
- INSTITUT FÜR FILM UND BILD (FWU): Leben im Boden, Nr.: 32 02146, 16 min, Grünwald 1969.
- INSTITUT FÜR FILM UND BILD (FWU): Der Regenwurm, Nr.: 32 02431, 14 min, Grünwald 1988.
- INSTITUT FÜR FILM UND BILD (FWU): Lebensraum Boden, Nr.:32 03850, 18 min, Grünwald 1989.
- INSTITUT FÜR FILM UND BILD (FWU): Die Erde hat kein dickes Fell / Umweltmagazin „mittendrin“ Nr.:42 31122, 30 min, Grünwald 1988.
- INSTITUT FÜR FILM UND BILD (FWU): Der Maulwurf, Nr.: 32 10 064, 14 min, Grünwald 1990.

SCHÜLER, M.-C. UND M. STEIDL: Underground. Ökologie der Bodenlebewesen von Ameisenlöwe bis
Zwergfüßer - Naturmemory. 1. Aufl. Wiesbaden 1995
(Aukamm-Naturerlebnistal e. V., Kapellenstr. 99, 65193 Wiesbaden)

Arbeitsblatt 1: Wir bauen einen Regenwurmbeobachtungskasten

Die Aktivitäten der Regenwürmer kann man mit Hilfe eines Schaukastens beobachten. Dazu wird ein Rahmen aus 3 - 5 cm breiten Holzleisten mit 2 Plexiglasscheiben (ca. 30 - 40 cm) verschraubt. Verwendet man Glasscheiben, die nicht so kratzempfindlich sind, muss man Führungsrillen in den Rahmen fräsen. Der Kasten muss an beiden Seiten durch ein Tuch oder einen Holzschieber abgedunkelt werden.

Der Innenraum wird abwechselnd mit hellem, sandig-lehmigem Boden und dunkler, humoser Erde gefüllt. Auf die obere Humusschicht werden leicht zersetzbares Laub von Holunder, Linde, Erle oder Hasel, feuchtes Stroh, Kaffeesatz, kleingeschnittene Apfelstückchen und Gemüsereste gelegt. Entsprechende Fütterungsversuche sind zu empfehlen. Es ist darauf zu achten, dass die Erde feucht bleibt, aber nicht durchnässt wird.



Demonstrationskasten zur Beobachtung der Regenwurm-tätigkeit

Der Besatz mit Regenwürmern hängt sowohl von der Größe des Kastens als auch von der jeweiligen Regenwurm-art ab. Für einen Schaukasten sind grabende Würmer interessant, die durch die täglichen Wanderungen Humusanteile in tiefere Bodenschichten eintragen. Zu empfehlen sind je nach Größe 1 bis 5 heimische Tauwürmer, die bei Temperaturen von 12 - 16°C gehalten werden sollten. Werte über 25°C wirken tödlich. Im Freiland ziehen sich die Würmer bei Kälte oder längerer Trockenheit in tiefere Bodenschichten zurück, wo sie spiralförmig zusammengerollt in einer rundlichen Höhle die ungünstigen Lebensbedingungen überdauern.

Der Kasten ist nicht zur Dauerhaltung geeignet. Nach etwa vier Wochen sollten die Würmer wieder freigelassen werden. Nur Mistwürmer vertragen höhere Temperaturen und können bei entsprechender Fütterung länger gehalten werden.

Die Aktivitäten der Würmer lassen sich auf Folien dokumentieren, auf die man mit verschiedenfarbigen Filzstiften in regelmäßigen Abständen (z. B. wöchentlich) die an beiden Scheiben sichtbaren Wurm-gänge aufzeichnet.

Arbeitsblatt 2: Wir bauen eine Wurmbox

Der größte Teil des Hausmülls (ca. 30 - 40 %) besteht aus organischen Substanzen, wie z. B. Papier, Küchen- und Gartenabfällen. Kompostieren dient daher nicht nur der Erhaltung der Bodenqualität durch Humuszufuhr, sondern stellt auch einen wesentlichen Beitrag zur Müllvermeidung dar. Auch wer keinen Garten hat, kann den größten Teil seiner Küchenabfälle mit Hilfe einer Wurmbank oder Wurmbox zu wertvollem Humus verarbeiten lassen.

Vom Frühjahr bis zum Spätherbst kann die Wurmbox auf dem Balkon im Schatten stehen, bei Temperaturen unter 8 °C muss sie ins Haus. Für den kleinen Haushalt genügt eine Box aus unbehandelten Brettern mit den Maßen 60 x 40 x 40 cm, für den großen Haushalt ist ein Zweikammersystem (80 x 40 x 50 cm) zu empfehlen. In die Bodenplatte sollten einige Abflusslöcher (ø 6 mm) gebohrt werden.

Einrichtung der Wurmbox

Die Box wird etwa 10 cm hoch mit einem Substrat aus lebendigem Gartenboden gefüllt, vermischt mit feinem Sand und Strukturmaterial, wie z. B. grobe Sägespäne, Holzhäcksel und Holzwolle. Auch eingeweichtes, aber ausgedrücktes Zeitungspapier und feuchte Wellpappe eignet sich als Grundfutter. Der Wurmbesatz richtet sich u. a. nach der Abfallmenge. Man sollte mindestens 500 Würmer einsetzen. Für die Wurmbox eignet sich vor allem der Kompostwurm (*Eisenia foetida*), ein 6 - 10 cm langer, rotbrauner Wurm, leicht zu erkennen an den gelben Querbändern auf jedem Segment und der meist hellgelb gefärbten Schwanzspitze. Eine weitere Besonderheit dieser Wurmart ist der enge Kontakt der Tiere untereinander, was zu einer regelrechten Knäuelbildung führt. Im Gegensatz zum bekannten Regenwurm oder Tauwurm (*Lumbricus terrestris*) ist der Kompostwurm viel gefräßiger, hat eine hohe Vermehrungsrate und fühlt sich bei Temperaturen von 15 - 25 °C am wohlsten.

Fütterung der Kompostwürmer

Jeden Tag verarbeiten die Würmer an frischem Abfall gut die Hälfte ihres Körpergewichtes. Sie lieben Küchenabfälle (Salatblätter, Obst-, Gemüse- und Kartoffelschalen), Kaffeesatz mit Filtertüten, Teeblätter, Eierschalen und verblühte Schnitt- und Topfblumen. Fleisch, Wurst, Fisch, Brot, gekochte Essensreste, Zitronen- und Orangenschalen gehören nicht in die Wurmbox. Dies gilt natürlich auch für Glas, Metall und Kunststoff. Alle Abfälle sollten möglichst kleingeschnitten werden, damit der Kompostierungsvorgang beschleunigt wird. Nach jeder Ladung Küchenabfälle werden Holzhäcksel beigemischt und als Abdeckung verwendet. Das macht den Haufen lockerer und fördert die Durchlüftung.

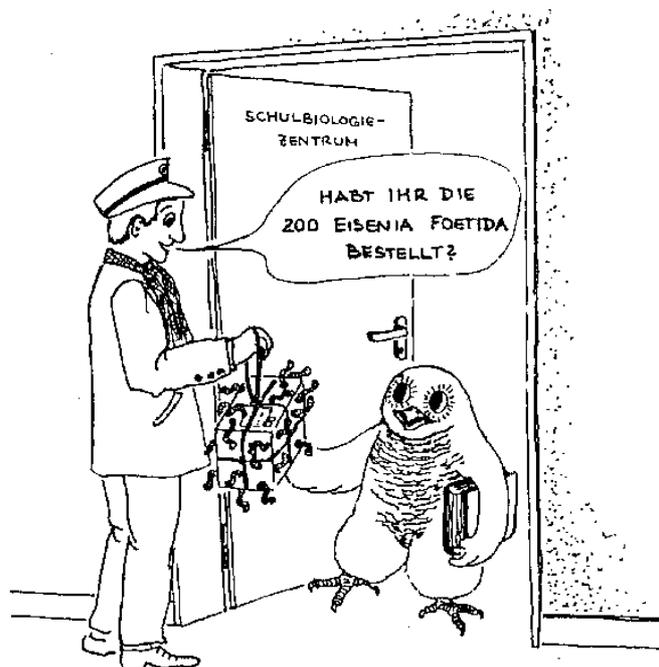
Sollten einmal unangenehme Gerüche auftreten, kann mit Tonmineralien versetztes Gesteinsmehl aufgestreut werden. Ist der Kompost zu trocken, überbraust man vorsichtig mit abgestandenem Wasser.

Kompostentnahme

Wenn die Wurmbox nach etwa 3 - 6 Monaten voll ist, werden die Würmer eine Woche nicht mehr gefüttert und anschließend mit einer Lockmischung (z. B. Kaffeesatz) an die Oberfläche gebracht, wo man sie ablesen kann. Bei einem Zweikammersystem wandern die Würmer durch ein Drahtgitter zum frischen Futter. Der Wurmkompost kann bei Bedarf mit weiterem Strukturmaterial (Holzhäcksel) vermischt werden und sollte noch ein halbes Jahr reifen.

Verwendung

Regenwurmhumus enthält alles, was die Pflanze zu einem gesunden Wachstum braucht und kann als Dünger auf Blumentöpfe und Balkonkästen gestreut werden. Größere Mengen können im Garten verwendet werden.



Arbeitsblatt 3: Wir erforschen die Streuschicht

Aufnahmeblatt Nr.:

Datum:

Standort:

Höhe:

Pflanzenbestand:

Witterung:

Aufgabe:

Lege 2 lange Äste und 4 kurze Äste so auf den Waldboden, dass eine Leiter entsteht.

Hebe schichtweise Blätter und Pflanzenteile im jeweiligen Feld ab und betrachte sie genau. Beschreibe das Material nach Farbe, Form und Feuchte. Achte auf Tiere, die sich in den einzelnen Schichten aufhalten.

Das 1. Feld bleibt unbearbeitet.

Im 2. Feld werden alle Blätter vom letzten Laubfall aufgelesen und daneben gelegt.

Im 3. Feld werden alle Blätter des letzten Jahres und zusätzlich alle darunterliegenden Blätter des Vorjahres mit einheitlichem Zersetzungsgrad gesammelt und daneben gelegt.

Im 4. Feld und in den weiteren wird ebenso verfahren.

Schichten	Beschreibung	Beobachtete Tiere
1. Schicht		
2. Schicht		
3. Schicht		
Mineralboden		

Arbeitsblatt 4: Wir untersuchen die Tiere im Boden

Aufnahmeblatt Nr.:

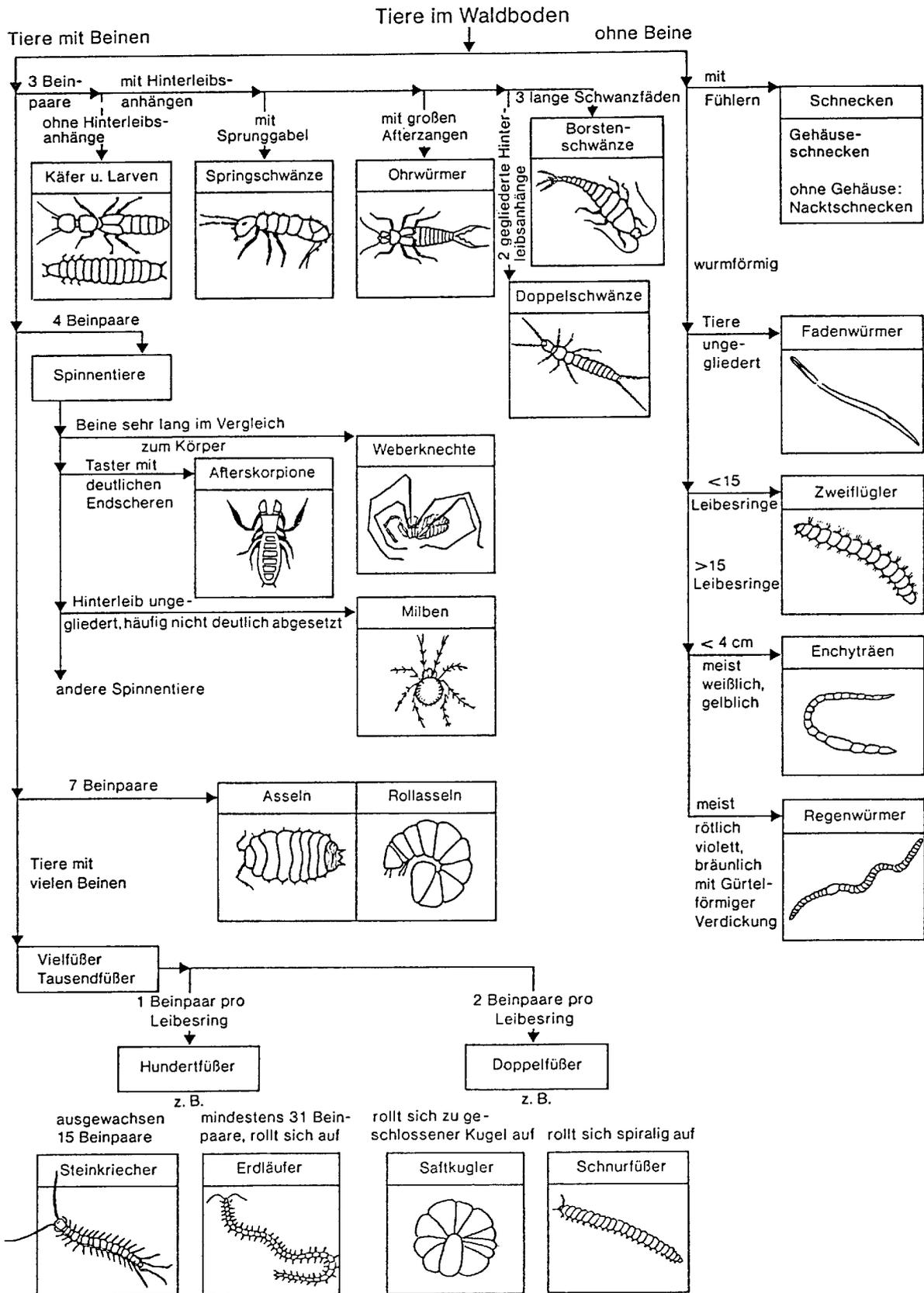
Datum:

Standort:

Bestimme die Tiere im Sammelgefäß:

Tiergruppe	Unterscheidbare Formen	Zahl der Tiere
Schnecken		
Regenwürmer		
Enchyträen		
Spinnen		
Milben		
Pseudoskorpione		
Asseln		
Hunderfüßer		
Doppelfüßer		
Springschwänze		
Käfer		
Insektenlarven		
Weitere Arten		

Arbeitsblatt 5: Bestimmungshilfe für Tiere im Boden



Quelle: GRAF, H. U.: Ökologie. Westermann Verlag, Braunschweig 1982